ING. DUŠAN PETKOVIĆ

KOVANJE U KALUPU



STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA JUGOSLAVIJE

STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA

Broj 47

Ing. DUŠAN PETKOVIĆ

KOVANJE U KALUPU

Izdanje Sindikalnog izdavačko-štamparskog preduzeća „RAD'
BEOGRAD — 1948

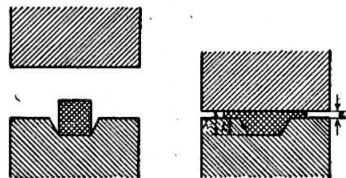
T I R A Ž: 10 000 primjeraka latinicom
10 000 primjeraka ćirilicom
Štampanje završeno marta 1948

Štampa Sindikalnog izdavačko-štamparskog preduzeća „RAD"
Beograd, Skadarska 33

I OPĆI DIO

Kovanje u kalupu. — Kovanje u kalupu je radni proces masovne proizvodnje kovanih i prešanih komada. Njegov brzi razvoj otpočeo je s uvođenjem u upotrebu mehanizovanih čekića i preša.

Kovanje u kalupu je radni postupak pri kome se kovani materijal, zagrijan do svijetlog usijanja, oblikuje u naročitom alatu s obrađenim šupljim oblikom, koji se zove kalup (sl. 1).



Sl. 1.
Kovanje u kalupu

Pod djelovanjem udarca malja, čekića ili tlaka malja preše, prouzrokuje se prisilan tijek radnog materijala u određenim pravcima dok ne ispuni šuplji oblik kalupa, nakon čega se natpritisak materijala prenosi okomito na sve zidove kalupa.

Komadi kovani u kalupu imaju bolja mehanička svojstva od komada koji su oblikovani lijevanjem ili rezanjem, jer imaju zbijeniju strukturu i neprekinut tijek materijalnih vlakana, te je stoga veća njihova tvrdoća, žilavost i otpornost protiv trošenja uslijed upotrebe.

Tijek materijala u kalupu. — Proces tijeka materijala u šupljem obliku kalupa ovisi o ovim činiocima:

1 o radu unutrašnjeg otpora materijalnih čestica u masi — čvrstoći materijala u toplom stanju;

2 o radu vanjskog trenja materijalnih čestica na radnim površinama kalupa — otporu radnih površina kalupa i

3 o brzini putovanja materijalnih čestica kod oblikovanja.

ad 1 Rad unutrašnjeg otpora materijalnih čestica ovisi o toplinskom stanju radnog materijala. Zagrijavanjem materijala slabi se uzajamna privlačna snaga materijalnih čestica — kohezija — te se u vezi s tim smanjuje i čvrstoća materijala.

Najpovoljnija je ona temperatura kovanja u kojoj, uslijed toga što se energija kretanja malja djelimice pretvara u toplinu, dolazi do časovitog rastvaranja materijalnih kristala i ponovne kristalizacije, tako da materijal, zbog ovoga, dobije sitnozrnastu strukturu.

ad 2 Rad vanjskog trenja materijalnih čestica ovisi o otporu radnih površina kalupa. Ovaj otpor smanjuje se glatkom obradom kalupskih zidova kao i njihovim mazanjem različitim sredstvima, koja pod utjecajem topline kovačkog komada isparavaju i stvaraju tanki plinski sloj pod pritiskom između kovačkog komada i zidova kalupa.

ad 3 S brzinom kretanja materijalnih čestica povećava se otpor tijeka materijala kod oblikovanja. Praktična granična vrijednost ove brzine iznosi oko 1 m/sek (metar na sekundu). Daljnje povećavanje ove brzine prouzrokuje kritično gušenje tijeka materijala te, uslijed nepotpunog procesa tijeka, materijal ne ispunjava u potpunosti kalupski oblik.

Udarna brzina malja čekića iznosi oko 5 m/sek, dok se radna brzina malja preše kreće od 0,1—0,5 m/sek.

Uslijed toga što je udarna brzina malja čekića znatno veća od kritične brzine tijeka materijala, izrada udarnih kalupa mora biti izvedena na način koji najpovoljnije osigurava pun prirodan tijek materijala u kalupu. Dio udarne energije malja, koji ne može biti iskorišćen za oblikovanje uslijed znatno uvećanog otpora onoga dijela materijala čije su čestice dobile veću brzinu kretanja od kritične, prenosi se na postolje čekića i prouzrokuje vibracije (titranja, treperenja) terena koje su štetne po okolne objekte i postrojenja. Stoga kovački čekići zahtijevaju specijalan način fundiranja.

Radna brzina malja preše manja je od kritične brzine kretanja materijalnih čestica, te je stoga kod prešovanja proces tijeka materijala potpun i cjelokupna energija pritiska malja preše iskorišćena za oblikovanje materijala u kalupu.

Razlike u tijeku materijala pod djelovanjem udarca i tlaka. — Osobina tijeka materijala koji se oblikuje pod djelovanjem udarca malja čekića u tome je, što je izvlačenje materijala, prema udarnoj plohi kalupa sa strane malja, skoro dvostruko veće od zbijanja prema plohi sa strane postolja, pa se stoga kod udarnih kalupa izbočeniji dijelovi kovačkih komada obrađuju u gornjem kalupu, a ravniji dijelovi u donjem kalupu.

Osobina tijeka materijala koji se oblikuje pod djelovanjem pritiska malja preše u tome je, što je

zbijanje materijala na donjoj strani oko jedan i po puta veće nego što je izvlačenje na gornjoj strani, pa se stoga kod kalupa za prešovanje izbočeniji dijelovi kovačkih komada obrađuju u donjem, a ravniji dijelovi u gornjem kalupu.

Iz ovoga proizilazi ovo opće pravilo: Oblikovanje udarnih kalupa temelji se na iskorišćavanju procesa izvlačenja, a oblikovanje kalupa za prešanje na iskorišćavanju procesa zbijanja.

II RAD POD ČEKIĆEM I PREŠOM

Vrste alata za kovanje u kalupu. — Upotrebljavaju se tri vrste alata za kovanje:

a) alat za pripremu i pretkivanje (prethodno, ranije kovanje) radnog materijala koji služi za siječenje, izvlačenje, zbijanje, cijepanje, valjanje (rolovanje) i kovanje u pretkalupima radnog materijala;

b) alat za završno kovanje koji služi za kovanje završnih oblika kovačkih komada i

c) alat za završnu obradu koji služi za skidanje ruba, probijanje, svijanje, ravnanje i kalibriranje.

Siječenje. — Alat za siječenje materijala većinom je običan nož ili vođeno siječivo na makazama ili preši. U upotrebi su takođe kružne i linijske pile za toplo ili hladno siječenje. Kod siječenja pilama priračunava se težini gotovog kovačkog komada, pored ostalih gubitaka, još i gubitak na siječenje pilom.

Kod siječenja je važno da ploha presijeka bude prava okomita ploha, te stoga gornji nož kod škara treba da ima dovoljnu kosinu kao i da bude jednostrano ili obostrano vođen na donjem nožu. Kut nagiba noža za hladno siječenje može biti za nekoliko stupnjeva veći od kuta nagiba noža za toplo siječenje.

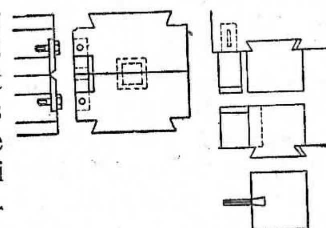
Kod masovnog siječenja, radi brzog odmjeravanja dužine, postavljaju se na mašini za siječenje naročiti graničnici koji moraju biti tako izvedeni, da isključuju mogućnost zaglavljivanja kratko siječenih komada između gornjeg noža i graničnika.

Kod hladnog siječenja škarama treba naročito obratiti pozornost na to da li je za taj materijal zgodan ovaj način siječenja. Kod tvrdih materijala često se u plohi presjeka obrazuju preklopi uslijed kojih kovački komad kod kovanja ili prešovanja dobiva takve mane da se mora odbaciti.

Kod siječenja tupim ili loše vođenim škarama dobivaju se kosi i neravni presijeci s jezicima, koji se moraju naknadno otklanjati.

Suvremene preše za siječenje imaju tako ugrađene noževe, da se dobiva ploha i pravokutni presjek.

Za otsijecanje radnog komada kod kovanja iz šipke, obično se jedan kut kalupskog bloka obradi s rubom za siječenje, ili se na čelnoj ili bočnoj strani kalupskoga bloka ugrađuju naročiti noževi za siječenje. Pritezanje ovih noževa je sigurnije s klinom nego sa zavrtnjima (sl. 2).



Sl. 2.
Kovački kalup sa prigrađenim noževima za siječenje

Kod siječenja pilom dobijaju se okomite ravne površine presjeka, te je stoga ovaj način više u primjeni kod siječenja materijala za rad pod prešom.

Izvlačenje materijala obično je početna radna operacija kod kovanja. Izvlačenje je radni postupak kojim se smanjuje presjek i povećava dužina komada radnog materijala, a upotrebljava se obično da se materijal prilagodi za iduće kovačke operacije. Izvlačenje je radni postupak iz područja slobodnog kovanja, i u znatnoj mjeri ovisi o stručnosti i vještini kovača. Izvlačenje se vrši kovanjem na ravnim ili profilnim sedlima. Rad sa profilnim sedlima ima prednost, jer se s manjim brojem udaraca čekića može postići bolje prilagođavanje prethodnog oblika — predoblika za daljnje kovanje nego što je to slučaj u radu s ravnim sedlima.

Zbijanje je obratan postupak od izvlačenja, a upotrebljava se kad je potrebno povećati presjek i smanjiti dužinu komada radnog materijala. Zbijanje se vrši kovanjem na ravnim sedlima. Za veća širenja primjenjuje se zbijanje pod prešom s ravnim ili profilnim sedlima.

Cijepanje (špaltovanje). — Cijepanje je naročit radni postupak siječenja koje se primjenjuje samo kod plosnatog materijala za kovanje sitnih masovnih dijelova, kao što su noževi, škare, kliješta, ključevi za zavrtnje itd. Kod alata za cijepanje naročito su oblikovani gornji i donji noževi koji rade zajedno; njima se vrpca radnog materijala dovodi kroz naročite vodilice i odmjerava graničnicima.

Za cijepanje se upotrebljavaju naročite preše na čijem se radnom stolu i glavi alati za cijepanje stežu u naročite držače. Isječeni komadi nazivaju se cijepani komadi koji mogu imati isječen kraj za držanje kliještima.

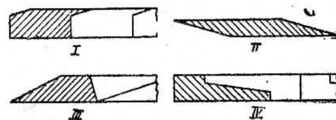
Pri cijepanju nema gubitaka materijala, osim

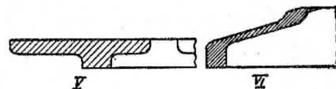
eventualnih otpadaka na krajevima šipke, tako da količina materijala može biti točno odmjerena.

Oblici cijepanja mogu biti raznolični, ali se svi mogu razvrstati u ovih šest osnovnih oblika (slika 3):

I osnovni oblik: pravo cijepanje. Kod ovog osnovnog oblika pri svakom hodu preše otpada po jedan komad;

II osnovni oblik: koso cijepanje. Tu se vrpca radnog materijala dovodi koso preko alata za cijepanje koji se sastoji od dva obična noža — gornjeg i donjeg;





Sl. 3.
Osnovni oblici cijepanja

III osnovni oblik: kombinirano pravo i koso cijepanje. Kod ovog načina cijepanja pri svakom hodu preše otpadaju dva cijepana komada;

IV osnovni oblik: cijepanje s jednostranom glavom. Ovaj se način cijepanja primjenjuje za smanjivanje presjeka s jedne strane. Pri svakom hodu preše otpadaju dva cijepana komada;

V osnovni oblik: cijepanje s glavom u sredini. Ovaj se način primjenjuje za smanjivanje presjeka s obadvije strane;

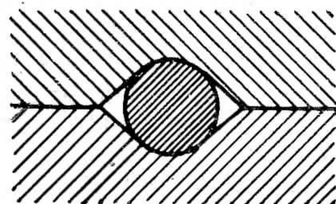
VI osnovni oblik: cijepanje s dvostrukom glavom. Ovaj se način cijepanja primjenjuje kod izrade dvostrukih ključeva za zavrtnje.

Prva tri osnovna oblika su univerzalna i mogu se primjeniti za mnoge svrhe, dok su ostala tri oblika specijalna i mogu se upotrijebiti samo za određene svrhe.

Cijepanje materijala mnogo je brži radni postupak od izvlačenja. Za jedan radni sat može se isjeći 2000 manjih cijepanih komada za škare od čelika dimenzija 100 × 20 × 12 mm ili 1000 srednjih cijepanih komada za ključeve za zavrtnje od čelika dimenzija 300 × 40 × 13 mm. Osim toga, radnu operaciju cijepanja može da izvršava i nestručna radna snaga.

Nezgoda ovog radnog postupka je samo u tome što se materijalna vlakna presijecaju, pa to treba imati u vidu kod stanovitih kovačkih komada.

Valjanje (rolovanje) (sl. 4). — Kod ovog načina rada radni se komad prilikom kovanja stalno okreće u kalupu da se ne stvori rub. Primjenjuje se u prethodnom i završnom kovanju, pri radu iz šipke, kao i pri radu iz komada. Rolovanjem se mogu kovati okrugli, kuglasti ili višekutni oblici. U ovom je poslu potrebno točno odmjeravanje količine radnog materijala.



Sl. 4.
Kalup za valjanje (rolovanje)

Kalup za valjanje (rolovanje) izvodi se s promjerom kovačkog komada. Sve prelazne krivine kalupa moraju biti izvedene tangencijalno.

Svijanje može biti izvedeno u naročitom kalupu za svijanje, prije ili nakon kovanja u kalupu.

Svijanje prije kovanja u kalupu primjenjuje se kad krivina leži u plohi okomitoj na pravac udarca, odnosno u podionoj plohi kalupa, i vrši se obično kod pretkivanja (prethodnog kovanja). Sva savijanja u ostalim plohama najzgodnije je izvoditi nakon otkivanja u kalupu.

Kad se određuje podiona ploha kalupa za jedan kovački komad, mora se uzeti u obzir i njegovo svijanje, pri čemu se postavlja u podionu plohu kalupa najnepovoljnija krivina, odnosno ona krivina kod koje je najveći rad kovanja. Mjesta koja se naknadno svijaju moraju imati dodatak materijala zbog gubitka svijanja.

Svijanje nakon kovanja u kalupu vrši se u svima slučajevima kad krivina kovačkog komada ne leži u plohi kalupa, i to u naročitom kalupu za svijanje, u kome radni komad dobiva svoj konačni kovački oblik. Ovaj je način svijanja prostiji i jeftiniji i u većini slučajeva odgovara potrebama.

Ravnanje. — Kovački komadi se iskrivljuju ili vitopere pri kovanju, bušenju, skidanju ruba ili pri toplinskoj obradi, pa se stoga moraju ravnati ručno ili u kalupu, u hladnom ili u toplom stanju.

Kod kalupa za ravnanje obrađuju se samo ona mjesta koja su potrebna za ravnanje.

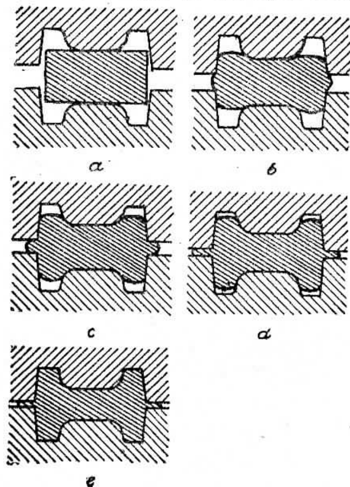
Zasijecanje i prosijecanje. — Zasijecanje je radni postupak pri kome se zasijecanjem odvajaju izbočeni dijelovi prethodno oblikovanog radnog komada. Ovim se načinom rada postizava izrada račvastog kovanog komada od homogenog materijala i otklanjaju bočna zavarivanja.

Prosijecanje je radni postupak koji ima sličnu svrhu kao i zasijecanje i služi da omogući kovanje prstenastih komada bez zavarivanja sastava.

Kalibriranje kovačkih komada može se vršiti u toplom ili u hladnom stanju. Kalibriraju se samo ona mjesta na kovačkom komadu koja se naknadno ne

obrađuju, te su i u kalupima samo ta mjesta obrađena. Kod toplog kalibriranja može se postići točnost od 0,1—0,2 mm, a kod hladnog 0,5—0,1 mm.

Kovanje u kalupu bez predoblikovanja (prethodnog oblikovanja sl. 5). — Kod ovog načina kovanja udara se u kalup komad radnog materijala koji je odmjeren prema najvećem presjeku kovačkog komada, sa potrebnim dodatkom materijala zbog gubitaka na rub i uslijed izgaranja.



Sl. 5.
Neposredno kovanje u kalupu:
a — I udarac
b — II „
c — III „
d — IV „
e — V „

Ovaj način kovanja u kalupu daje veliki rub. Da bi se postigao pun oblik kovačkog komada, potrebno je nekoliko puta skidati rub i ponovno udarati u kalup. Gubitak je materijala u rubu velik, a tako isto i opterećenje i trošenje kalupa.

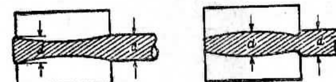
Predoblikovanje slobodnim kovanjem. — Pravilno predoblikovanje je često važnije od završnog kovanja. Ponekad rad na predoblikovanju dostiže 75% cjelokupne kovačke obrade.

Predoblikovanje slobodnim kovanjem primjenjuje se u pretkivanju komada koji imaju prostije kovačke oblike i vrši se na ravnim sedlima za izvlačenje i zbijanje.

Pretkivanje i kovanje u kalupu može se vršiti izravno jedno za drugim, ili se radni komadi mogu najprije samo prethodno kovati pa zatim kovati u kalupu. Koji će se od ova dva radna postupka usvojiti, odlučuje ekonomičnost proizvodnog procesa.

Slobodnim prethodnim kovanjem na ravnim sedlima ne može se postići dovoljna pravilnost prethodnog oblka, a osim toga, uslijed nepravilnog izvlačenja, mogu da nastupe i kovačke mane na prelazima presijeka.

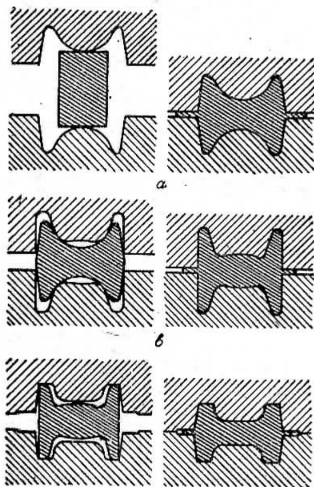
Prethodno kovanje — pretkivanje u alatu. — Pretkivanje u alatu primjenjuje se u prethodnom oblikovanju komada koji imaju složenije kovačke oblike. Ovo se pretkivanje vrši u naročitim profilnim sedlima (sl. 6) u kojima se radni materijal s manjim brojem udaraca može dovesti do potrebnog prethodnog oblika — predoblika, a isto tako i valjanjem (rolovanjem), štancovanjem, cijepanjem ili kovanjem u pretkalupima.


Sl. 6.
Kovanje u kalupu s pretkivanjem u profilnim sedlima

Kod pretkivanja u kalupu mora se naročito voditi računa o odnosima presjeka kovačkog komada i njegova predoblika.

Određivanje kovačkog predoblika, odnosno oblika pretkalupa, vrši se na način koji osigurava pravilan tijek materijala kod oblikovanja. Zbog toga je potrebno da radno djelovanje kalupa na materijal vrši uvijek ravna površina kalupa prema krivoj po-

vršini komada, a kriva površina kalupa prema ravnoj površini komada; dakle uvijek izmjenično djelovanje ravnih površina kalupa na krive površine komada i obratno (sl. 7).



Sl. 7.
Kovanje u kalupu s pretkivanjem u pretkalupima:
a — I udarac
b — II „
c — III „

Nije pravilno da se pretkalupu daje približno isti oblik koji ima završni kalup, što se često pogrešno radi. Loše su posljedice takvog davanja oblika pretkalupu veći gubitak materijala u rubu, više trošenja rada, veći napor i trošenje kalupa i mogućnost poprečnih prskotina u kalupu.

Kod materijala koji se teško oblikuje, kao i kod složenih kovačkih oblika, potrebno je dobro proučiti podjelu stupnjeva predoblika.

Kod pretkivanja u jednom ili dva pretkalupa, presjek predoblika za idući kalup mora imati stanovitu visinu za zbijanje, odnosno mora biti nešto uži i viši od oblika u idućem kalupu, jer visina prethodnog ruba obično nije dovoljna za potrebno zbijanje.

Kod običnih manjih i srednjih presjeka kovačkih komada uzima se smanjenje širine u dionoj plohi

pretkalupa za 1—2 mm, a povećanje visine za debljinu ruba pretkalupa r + 2 do 5 mm.

Prema odnosu površina presjeka, presjek predoblika treba da je za oko 8% veći od presjeka idućeg oblika i to zbog gubitka materijala u rubu i zbog izgaranja kod zagrijevanja.

Kovački komadi koji imaju oblike s udubinama, u početku se predoblikuju bez ovih udubina. Udubine se otkivaju u pretkalupima ili završnim kalupima, koji svojim izbočenim dijelovima razmiču radni materijal i on u potpunosti ispunjava oblik kalupa.

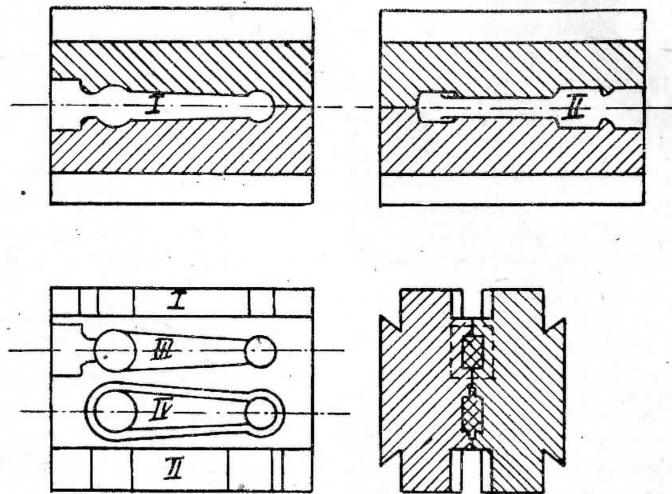
Završni oblik treba po mogućnosti da bude iskovan jednim udarcem radi štednje završnog kalupa. Završni kalup obično ima udarne plohe i obrađene rubne površine; u njemu radni komad dobiva svoju konačnu kovačku mjeru.

Pravilno i ekonomično kovanje u kalupu zahtijeva prethodno kovanje u najvećem mogućem stupnju, a otkivanje u kalupu samo završnog kovačkog oblika.

Pri upotrebi suvremenih kovačkih peći sa stalnim pogonom i pri pravilnoj organizaciji radnog procesa, vrijednost viška utrošenog pogonskog goriva kod rada iz dva grijanja je neznatna u odnosu na gubitke koji mogu da nastupe pri produžnom procesu kovanja iz jednog grijanja, i to uslijed većeg trošenja skupocijenih kovačkih kalupa, većeg rada kovanja i znatnog postotka nekvalitetnih kovačkih komada.

Primjer kovanja u kalupu: kovanje motorske klipnjače (sl. 8). — Prvo predoblikovanje radnog materijala vrši se u profilnom sedlu I, u kome se

presjek sirovog materijala smanjuje jednim ili s dva udarca. Drugo predoblikovanje vrši se u profilnom sedlu II, u kome se jednim udarcem otkiva približna debljina glave. Oba profilna sedla obrađuju se u jednom kalupskom bloku zajedno s pretkalupom i završnim kalupom.



Sl. 8.
Kovanje motorske klipnjače u složenom kalupu

Poslije predoblikovanja u profilnim sedlima radni komad se udara u pretkalup III. Potom se s pretkovanog komada skida rub i ponovno zagrijeva. Završno kovanje vrši se u završnom kalupu IV.

Gubitak u presjeku, odnosno u materijalu, kad se predoblik i pretkalup udaraju u istom grijanju, iznosi:

1 gubitak uslijed izgaranja sirovog materijala u vatri — — — — — — — oko 2%
2 gubitak na rub predoblika — — — „ 6%
3 gubitak uslijed izgaranja predoblika u vatri — — — — — — — — — — „ 2%
4 gubitak na rub završnog oblika — „ 5%
Ukupno: 15%

Utjecaj radne mašine na pretkalup i završni kalup. — Nije svejedno da li se kalup izrađuje za padni čekić sa daskom ili s remenom, ili za parni ili zračni čekić. Prvi rade samo sa 20—40 udaraca u minuti, dok parni i zračni čekići imaju 80—100 udaraca u minuti. Ova činjenica ima znatan utjecaj na određivanje oblika kalupa.

Kalupi za padne čekiće mogu se upotrijebiti kod parnih i zračnih čekića, ali obratno nije moguće.

Kod rada parnim i zračnim čekićima mogu se upotrebljavati složeni kalupi koji u istom kalupskom bloku imaju obrađene alate za nekoliko uzastopnih kovačkih operacija, na pr., profilno sedlo za izvlačenje, kalup za predvaljanje (predrolovanje), završni kalup i nož za otsijecanje; u tom kalupskom bloku može se kovački komad obraditi iz jednog grijanja u nekoliko brzih uzastopnih operacija.

Padni čekići rade sporije i mogu biti upotrijebljeni samo za pretkivanje ili završno kovanje, s iznimkom dviju uzastopnih kovačkih operacija kad se radi o pretkivanju u jednom profilnom sedlu i završnom kovanju; međutim i tada takav dvostruki kalup trpi znatne napore i brzo gubi točnost. Dijelovi koji zahtijevaju pretkivanje u kalupu s pravljenjem ruba, ne mogu biti izrađeni u istom kalupskom

bloku sa završnim kalupom; već se moraju izvesti u odvojenim blokovima.

Kod rada s padnim čekićima oblik sirovog materijala ima veliku važnost, dok je kod rada s parnim ili zračnim čekićima oblik manje važan, jer se raznolični radni materijal može lako dovesti na potreban predoblik.

Posebno je pitanje na kome mjestu složenog kalupa treba da leži završni oblik. Kod padnih čekića i zavojnih preša završni oblik treba da je što bliže sredini stroja, inače će radni komad biti koso iskovan, tj. na jednoj će strani biti jači nego na drugoj. Kod parnih i zračnih čekića, kao i kod čekića s protuudarcem, položaj završnog oblika može više da otstupa od sredine stroja bez bojazni da može nastupiti koso, jednostrano iskivanje, jer ovi čekići imaju jako dobro vođenje malja, što padni čekići i preše obično nemaju.

Kovanje iz šipke (sl. 9a). — Manji kovački dijelovi, kao i takvi koji se preodbljikuju, često se kuju iz šipke kojoj je dužina približno 1—2,5 mm, a presijek do oko 45 mm.

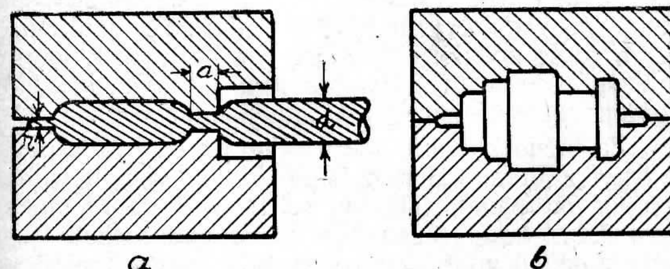
Šipka se zagrijeva na jednom kraju i udara u kalup, a drži se na drugom kraju koji je hladan.

Kalup mora sa strane imati napravljen prilaz za umetanje šipke, pa se stoga ti kalupi izvode poluotvoreno ili otvoreno.

Ponekad se upotrebljavaju, kod masovnog rada, profilno valjane šipke materijala, čiji presijek odgovara predobliku kovačkog komada; time se skraćuje radni proces, odnosno povećava proizvodnja, dobivaju točniji kovački komadi, smanjuje gubitak materijala i produžava trajanje kalupa.

Kovanje iz komada (sl. 9b). — Mnogi manji i svi veći dijelovi kuju se iz komada, i to manji zbog točnog kovanja, a veći zbog težine.

Šipke se sijeku na komade, koji dolaze u pretkalup, ili završni kalup, ili kao obični komadi ili slobodno pretkovani. Dijelovi koji se ne pretkivaju, kuju se uvijek iz komada.



Sl. 9.
Kovanje u kalupu: a — iz šipke
b — iz komada

Kalupi za kovanje iz komada izvode se uvijek zatvoreno. Kod kovanja iz komada gubitak materijala uslijed izgaranja manji je nego kod kovanja iz šipke, gdje je svaki radni komad najmanje dvaput podvrgnut zagrijevanju.

Ponekad se kombinuje kovanje iz šipke s kovanjem iz komada na taj način, što se radi sa skraćenim šipkama koje sadrže najmanje dva radna komada.

Točno kovanje. — Suvremena tehnika zahtijeva sve veću točnost kovačkih dijelova kod kojih dolazi

u obzir samo to da se pasovane površine naknadno obrade rezanjem ili brušenjem.

Kod točnog kovanja radi se s dva završna kalupa, od kojih je prvi u svima pravcima za 0,2 mm jači od drugog.

Radni komad udari se u prvi, predzavršni kalup, zatim se u kiselini oslobodi ljusaka (cundera) i skine mu se rub bez ostataka. Potom se naknadno zagrijeva, i prije no što se umetne u drugi, završni kalup, provlači se kroz hladnu vodu; nahvatani cunder brzo se očisti čeličnom kefom. Završno kovanje vrši se jednim snažnim udarcem. Potom se točno kovani komadi čiste u pješčanom mlazu.

Za točno kovanje nije zgodno da se izrade prvi i drugi završni kalup u istom bloku, već ih treba izraditi odvojeno, tako da se završni kalup može upotrijebiti kao predzavršni kalup kad uslijed trošenja (uslijed upotrebe) izgubi potrebnu točnost.

Višestruko kovanje. — Manji, naročito plosnati kovački dijelovi, vrlo se ekonomično kuju u višestrukim kalupima, koji sadrže više istih kalupa obrađenih u jednom kalupskom bloku.

Kod određivanja oblika ovih kalupa treba naročito paziti na to da materijal kod oblikovanja pravilno teče da kovački komadi ne bi ispali s manama.

Tolerancija mjera komada kovanih u kalupu. — Razlikuju se uglavnom dvije grupe tolerancije mjera komada kovanih u kalupu: tolerancije mjera za kovačke komade običnog trgovačkog kvaliteta, i tolerancija mjera točno kovanih komada.

Tolerancije mjera točno kovanih komada iznose obično polovicu vrijednosti normalnih tolerancija za komade trgovačkog kvaliteta.

Normalne su tolerancije mjera ove:

a) za obično kovane komade:
   za širinu ± 0,5 mm
   za debljinu ± 0,5 mm
   za dužinu ± 3%

b) za točno kovane komade:
   za širinu ± 0,25 mm
   za debljinu ± 0,25 mm
   za dužinu ± 1,5%

Osim normalnih tolerancija mjera postoje i specijalne tolerancije: na pr. za ravnanje, za skidanje ruba, za težinu, za nagib strana, za dodatak, za naknadnu obradu, za zaobljenje itd.

III IZRADA ALATA ZA KOVANJE U KALUPU

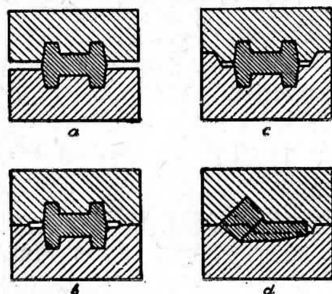
Mjere skupljanja. — Kalup je šuplji oblik koji odgovara obliku kovačkog komada u usijanom stanju, pa je stoga veći nego kovački komad u hladnom stanju.

Skupljanje komada uslijed hlađenja izravnava se pri izradi kalupa dodavanjem mjera skupljanja, pri čemu treba imati u vidu, da se isto tako i kalup nešto proširuje uslijed zagrijevanja u radu.

Mjera skupljanja ovisi o temperaturi usijanja i vrste radnog materijala kao i o obliku kalupa. Za čelik na temperaturi kovanja uzima se da je mjera skupljanja 1,2—1,5%, a kod skidanja ruba u crvenom usijanju, radi naknadnog udaranja radnog komada u kalup, kao i kod tankih dijelova usled brzog hlađenja 0,75—1,2%.

Dione plohe kalupa. — Kalupi mogu biti jednodjelni, dvodjelni ili višedjelni. Najviše se upotrebljavaju dvodjelni kalupi koji mogu biti otvoreni, polu-

otvoreni ili zatvoreni, prema tome da li se radi iz šipke ili komadnog materijala. Podjelom kalupa određuje se pravac kovanja. Diona fuga može biti prava ili izlomljena i ona određuje liniju ruba (sl. 10). Kod određivanja dione plohe kalupa uzima se u obzir najbolja mogućnost kovanja. Najprije se određuje položaj kovačkog komada u kalupu, pa se potom dijeli jednom plohom koja određuje gornji i donji kalup. Kod simetričnih komada obrada u gornjem i donjem kalupu je ista, a kod komada s jednom plohom simetrije, podiona ploha se određuje posebno za svaki naročiti slučaj.



Sl. 10.
Dioni ravni kalupi:
a — ravna diona fuga sa slobodnom rubnom površinom
b — ravna diona fuga s obrađenom rubnom površinom i udarnim plohama
c — ravna diona fuga s vodećim udarnim površinama
d — izlomljena diona fuga

Kod određivanja dione ravni kalupa treba imati u vidu ove uvjete:

a) prost predoblik komada,
b) prost kovački oblik u kalupu,
c) prirodan tijek materijala koji se oblikuje,
d) lako vađenje kovačkog komada iz kalupa,
e) lako skidanje ruba,
f) najmanja naknadna obrada kovačkog komada i
g) najmanji gubitak materijala.

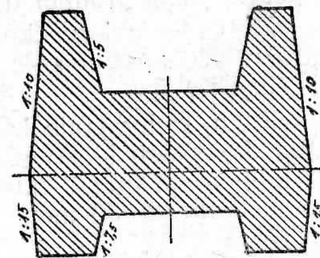
Nagibi i zaobljenja kalupskih zidova (sl. 11). — Nagibi kalupskih zidova u pravcima udarca i tlaka potrebni su radi lakšeg tijeka materijala kod oblikovanja, kao i radi lakšeg vađenja kovačkog komada iz kalupa.

Obično se uzimaju ovi nagibi:

a) kod vanjskih površina kovačkog komada 1:10 ili 1:12,5
b) kod unutrašnjih površina kovačkog komada 1:5 ili 1:7,5
c) kod kružnih oblika kovačkog komada 1:15 ili 1:20.

Okrugle unutrašnje površine dobivaju veći nagib od vanjskih, da se kovački komad ne zaglavi u kalupu uslijed skupljanja.

Kad postoje izbacivači, uzimaju se manji nagibi. Uska a visoka rebra dobivaju veći nagib da bi se smanjio otpor kod oblikovanja uslijed bržeg hlađenja. Nagibi se prave isti kod obadvije polovice kalupa, ali se ponekad prave i veći u gornjem kalupu kod udarnog rada, da kovački komad ne bude povučen u tom kalupu već da ostane u donjem. Ipak treba voditi računa da nagibi kalupskih zidova ne budu preveliki, jer se tada povećava naknadna obrada kovačkog komada.



Sl. 11.
Kosine kalupskih zidova

Prelazi između različitih pravaca i presjeka kovačkog komada moraju da imaju razmjerna zaobljenja da bi se otklonile moguće mane koje mogu da

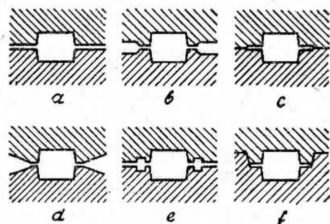
nastanu kod kovačkog komada uslijed gušenja tijeka materijala kod oblikovanja. Oštri rubovi (ivice) i kutovi su uvijek štetni jer tada, zbog nepravilnog tijeka materijala, kovanje zahtijeva veći rad i prouzrokuje jako trošenje, pa čak i lomljenje kalupa. Dobra zaobljenja dopuštaju uzimanje manjih nagiba kalupskih zidova. Veličina zaobljenja treba da bude od 2—8 mm.

Rupe za odvod zbijenog zraka izrađuju se kod dubokih kalupa zato da taj zrak ne smeta potpunom oblikovanju. Prema veličini kalupskih blokova, rupe treba da imaju promjer od 5—10 mm.

Za vađenje kovačkog komada iz kalupa služe naročiti žlijebovi u koje se uvlači alat za vađenje ili izbacivanje.

Rupe za hvatanje izrađuju se na čelnim stranama kalupskih blokova i služe za umetanje štapova kojima se komad nosi. Te rupe treba da imaju promjer od 20—30 mm.

Debljina i površina ruba. — Debljina ruba ovisi o obliku i veličini kovačkog komada i iznosi od 0,5—14 mm. Debljina ruba razdjeljuje se po pola u gornji i donji kalup, čije se dubine smanjuju za odgovarajuću veličinu. Na slici 12 su prikazani različiti načini izvođenja rubnih površina:



Sl. 12.
Oblici rubnih površina

Način pod a) je najprostiji i pretstavlja ravnu površinu. Debljina i širina ruba je neodređena, te je

otpor tijeka u rubu nejednak. Kovački komad mora se udarati u kalup dok se potpuno ne oblikuje. U slučaju da se rub djelimično ohladi, komad može i ne dobiti potpun oblik, a kalupi se mogu oštetiti uslijed tvrdih udara na hladan rub. Količina materijala mora biti naročito dobro odmjerena prema komadu.

Način pod b) pretstavlja rubnu površinu određene širine, zbog čega je otpor tijeka u rubu isti, pa je prema tome pravilniji i tijek oblikovanja. Debljina ruba je neodređena, pa kovački komad može da otstupa u mjeri. Širina rubne površine treba da je 20 do 30 mm. Pogibao od hlađenja ruba je manja.

Način pod c) s udarnim plohama kalupa daje određenu debljinu i površinu ruba i primjenjuje se kod točnog kovanja za manje i srednje kalupe.

Način pod d) upotrebljava se kod kalupa za male ravne dijelove s tvrdim rubom.

Način pod e) prouzrokuje gušenje tijeka u rubu pomoću naročitog žlijeba i primjenjuje se radi pojačanja tijeka u svima pravcima kod oblikovanja.

Način pod f) pretstavlja slobodne rubne površine kod kalupa s vodećim prstenom ili s vodećim letvama koje istovremeno ograničavaju put tijeka ruba.

Vođenje kod kalupa. — Pri kovanju u kalupu kovačkih komada različitih presjeka, bočne komponente sila moraju biti izravnane dobrim vođenjem i pritezanjem kovačkih kalupa.

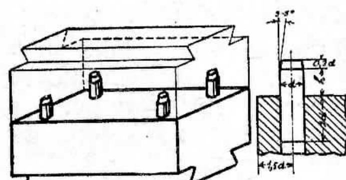
Najbolje vođenje daje točno vođeni malj kod čekića ili preše, čiji bočni zazor (zračnost, igra) treba da iznosi 0,2—0,5 mm. Ako vođenje malja nije dovoljno točno, primjenjuje se uzajamno vođenje

blokova kalupa; to vođenje može biti izvedeno na dva načina:

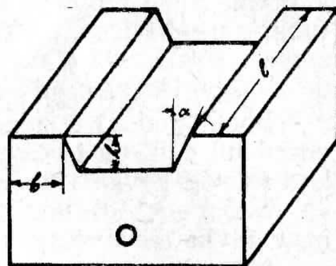
a) s vodećim čepovima (sl. 13) čiji promjer ovisi o veličini kalupa. Taj promjer čepa iznosi:

za kalupe do 200 mm:	15—20 mm
za kalupe do 300 mm:	35—40 mm
za kalupe do 450 mm:	50 mm.

Vodeći čepovi postavljaju se uvijek u donjem kalupu. Visina čepa se upravlja prema



Sl. 13.
Čepovi za vađenje kalupa



Sl. 14.
Vodeće udarne površine kalupa

debljini radnog materijala. Kad materijal dodiruje dno gornjeg kalupa, čep za vođenje treba da je nekoliko milimetara u odgovarajućoj rupi za vođenje u gornjem kalupu. Mjera vodeće rupe u gornjem kalupu je d — 0,2 do 0,5 mm i treba da ima zaobljeni rub, a mjera rupe u koju se uglavljuje čep u donjem kalupu je d — 0,05 mm (gdje je d promjer čepa);

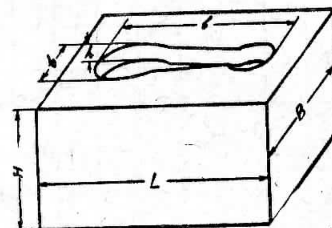
b) s vodećim letvama ili vodećim prstenom (sl. 14). Vodeće letve se izvode paralelno i one osiguravaju vođenje samo u poprečnom pravcu, dok vodeći prsten osigurava potpuno vođenje. Pozitivi

vodećih letava ili prstena obrađuju se u gornjem kalupu da bi se izbjeglo zaglavljivanje, jer se donji kalup jače zagrijeva i više širi.

Nagib strana vodećih letava (prstena treba da ima od 2—10 kutnih stupnjeva, a njihova visina i širina ovisi o veličini kalupa, i to:

za kalupe do 200 mm:
visina h = 200 mm, širina b = 30 mm
za kalupe do 300 mm:
visina h = 25 mm, širina b = 40 mm
za kalupe do 450 mm:
visina h = 30 mm, širina b = 50—60 mm.

Vanjske mjere kalupa (sl. 15). — Kod određivanja mjera za blok kalupa mjerodavne su mjere kovačkog komada, ali pritom treba imati u vidu i izvjesno normiranje mjera za blokove radi smanjenja velikog broja različitih mjera alatnog materijala na stovarištu. Iz istog razloga treba normirati i dijelove za pritezanje, kao klinove, laste, držače, podmetače itd.



Sl. 15.
Glavne mjere kalupa

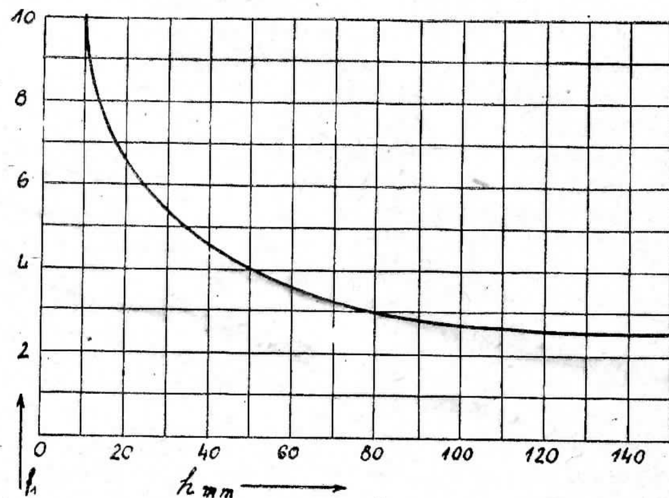
Mjere bloka za kalup određuju se iz konture kovačkog komada i njegove dubine obrade u gornjem i donjem kalupu.

Kod udarnog rada normalno se dublji oblici obrađuju u gornjem kalupu a ravniji u donjem, dok je kod rada s tlakom obratan slučaj.

Blokovi kalupa treba da budu dovoljno veliki

radi dobre raspodjele zagrijevanja od dovedene topline koja umanjuje čvrstoću kalupa. Donji kalup trpi više od zagrijevanja, ali se ipak donji i gornji kalupi ne izrađuju od različitog materijala ili nejednake veličine.

Kod dobrog vođenja gornjeg kalupa uzima se kvadratni presjek bloka. Normalne mjere su



Sl. 16.
Dijagram faktora povećanja visine kalupa f_1 u ovisnosti o najvećoj dubini obrade kalupskog oblika h

100 × 100 mm s porastom od po 25 mm do 300×300 mm, a iznad ove s porastom od po 50 mm. Pravokutni presjek bloka uzima se kod lošijeg vođenja gornjeg kalupa kao i za duže i uske kovačke komade.

a) Visina kalupa zavisi od najveće dubine obrade. Ona ne treba da bude suviše mala, jer inače kalup ne bi dobro odvodio toplinu i ne bi bila moguća naknadna obrada kod popravka. Visoki blokovi daju elastičniji otskok nego niski, pa stoga kalupi za udarni rad imaju veću visinu nego što je imaju kalupi za prešanja.

Pri radu s čekićima i krivajskim prešama mora se naročito obratiti pozornost na visinu kalupa, zbog ograničenog hoda malja. Radi toga je preporučljivo provesti normiranje visine kalupa i podmetača po stupnjevima.

Visina kalupa H određuje se iz obrasca: $H = h \times f_1$, gdje je h najveća dubina oblika, a f_1 faktor visine iz dijagrama (sl. 16).

b) Širina kalupa obrađuje se iz najveće širine b i najveće dubine h kalupskog oblika po obrascu: $B = b \times f_2$.

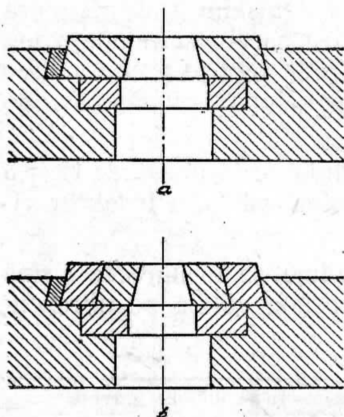
Širina kovačkog oblika — b u mm	Faktor f_2 za duboke gravure	
	za slobodnu rubnu površinu	za ograničenu rubnu površinu
do 50	3	3,5
50 — 250	2,5	3
preko 250	2	2,5

Za duboke gravure smatraju se oblici čija je dubina obrade veća od 50 mm, kao i oni kod kojih je širina kalupa ispod 100 mm a dubina obrade veća od polovine širine.

Za ravne gravure smanjuje se vrijednost faktora širine f_2 za 0,5.

Dužina kalupa određuje se iz najveće mjere konture kovačkog komada 1 i najveće dubine kalupskog oblika h po obrascu: L = 1 + 3h.

Kod kovanja iz šipke, razmak od kalupskog oblika do ruba kalupa može biti manji za jednu trećinu od onoga sa suprotne strane, i to radi potrebne udubine za umetanje šipke.



Sl. 17.
a — rezna ploča s mostom u okvirnom kalupu
b — rezna ploča s umetkom

Kalupi za umjetanje. — Za kovanje manjih i okruglih kovačkih komada često se primjenjuju kalupi za umetanje koji se umeću u naročite okvirne držače.

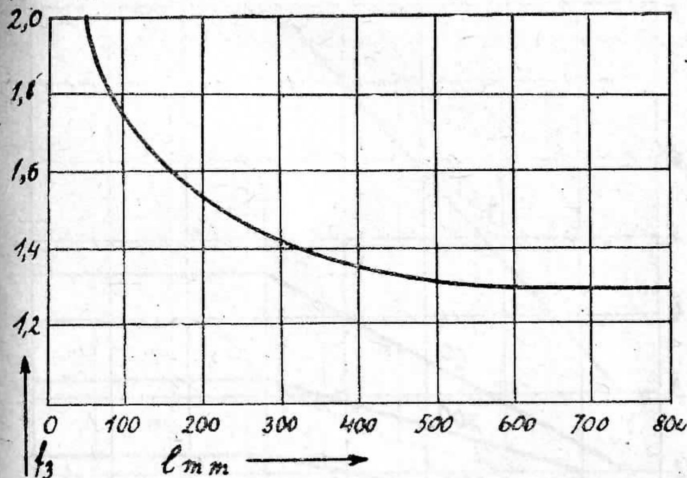
Kod kalupa za rad s tlakom može se postaviti više kalupa za umetanje u jedan okvirni držač, dok je to kod kalupa za udarni rad vrlo nezgodno.

Mjere alata za skidanje ruba:

1 Rezne ploče (sl. 17). Zbog ograničenja broja podložnih ploča treba normirati mjere reznih ploča:

a) dužina rezne ploče L_r određuje se iz dužine kovačkog komada po obrascu: $L_r = 1 \times f_3$, gdje je

f_3 faktor povećanja dužine rezne ploče iz dijagrama (sl. 18);



Sl. 18.
Dijagram faktora povećanja dužine rezne ploče f_3 u ovisnosti o najvećoj dužini kovačkog komada 1

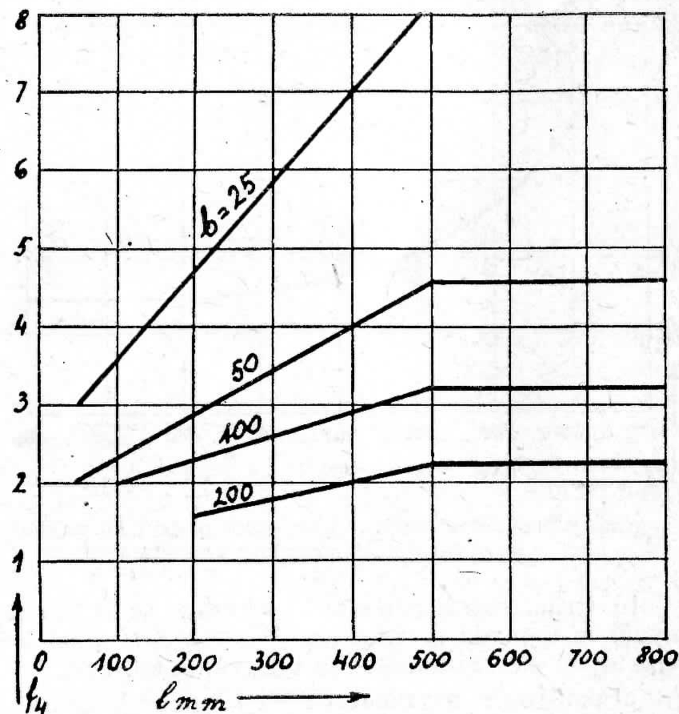
b) širina rezne ploče B_r određuje se iz širine kovačkog komada po obrascu: $B_r = b \times f_4$, gdje je f_4 faktor širine rezne ploče iz dijagrama (sl. 19);

c) debljina rezne ploče D_r određuje se iz dužine kovačkog komada i načina izvođenja alata.

Kod običnih reznih ploča debljina se određuje po obrascu: $D_r = 1 \times f_5$, gdje je f_5 faktor povećanja debljine rezne ploče iz dijagrama (sl. 20).

Kod upotrebe mostova i kod umjetnih sječiva može se smanjiti debljina rezne ploče za 30%, pri čemu se samo sječiva izrađuju od alatnog čelika.

2 Žigovi (sl. 21). Dužina i širina žiga određuje se prema obliku kovačkog komada i rezne ploče.



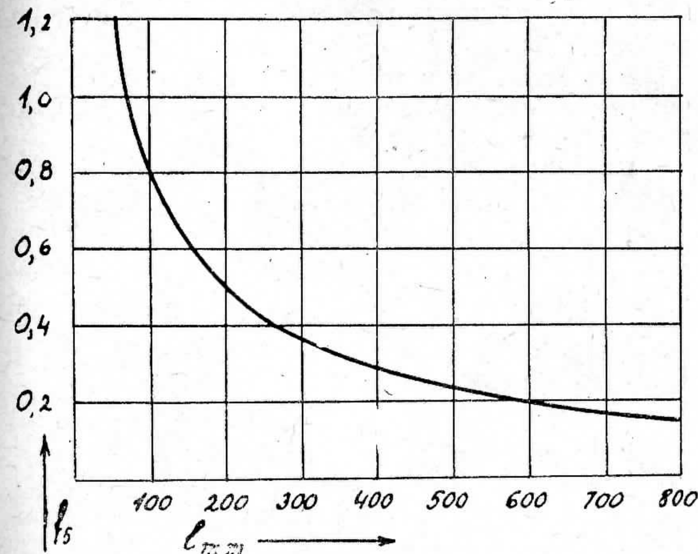
Sl. 19.

Dijagram faktora povećanja širine rezne ploče f_4 u ovisnosti o najvećoj širini b i najvećoj dužini 1 kovačkog komada

Između žiga i rezne ploče ostavlja se zazor (zračnost, igra). Kod izvođenja kao pod I, zazor se uzima $s_1 = 0{,}05 \times$ debljina ruba, kao pod II: $s_2 = 0{,}10 \times$

debljina ruba. Izvođenje pod I reže bolje, ali trpi veće trošenje sječiva. Oba načina izvođenja primjenjuju se skoro podjednako.

Žig mora da ulazi u reznu ploču za 5—10 mm.



Sl. 20.

Dijagram faktora povećanja debljine rezne ploče f_5 u ovisnosti od najveće dužine kovačkog komada 1

Visina žiga određena je ovom mjerom, zatim visinom držača žiga, podložne ploče i visinom hoda preše. Radi potrebne preglednosti u radu obično se visine žigova kreću od 80—100 mm.

Utezanje kovačkog alata. — Kalupi se utežu izravno na malj i postolje čekića ili preše.

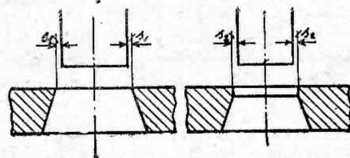
a) Utezanje zavrtnjima. — Ovaj način utezanja ima prednost lakog udešavanja. Primjenjuje se kad vođenje malja nije dovoljno točno i čvrsto, kao što je to kod padnih čekića s remenom ili užetom.

b) Utezanje klinovima (sl. 22). Ovaj način daje veću sigurnost protiv pomicanja od načina utezanja sa zavrtnjima.

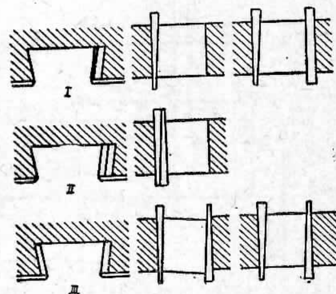
Kod čekića se utezanje alata vrši najčešće klinovima, dok kod preša dolaze u obzir podjednako obadva načina.

Pritezne površine izvode se koso kao lasta; među njih zalazi klin, i obično se izvode na ove načine:

1 s jednim klinom koji jednostrano priteže blok, kao pod I. Kod ovog načina udešavanje je vrlo teško i vrši se jedino umetanjem paralelne podloge na drugoj strani laste. Ovaj način se upotrebljava uglavnom kod pritezanja gornjih kalupa na čekiću ili preši, koji se obično ne udešavaju. Radi poboljšanja držanja klina često se između klina i bloka kalupa umeće jedna vrpca od običnog čelika debljine 1,5—2 mm;



Sl. 21.
Zazor (zračnost, igra) između sječiva rezne ploče i žiga



Sl. 22.
Načini pritezanja kalupa pomoću klina

2 sa dva klina koji jednostrano pritežu blok kao pod II. Ovaj način izvođenja ima ista svojstva kao i način pod I, ali s tom dobrom stranom što vanjske površine klinova idu paralelno;

3 sa dva klina koji obostrano pritežu blok kao pod III. Ovaj je način izvođenja lakši za udešavanje, ali se kalup mora ukositi prema kosini klina. Ako se na isti način priteže i gornji kalup, tada se osi obaju kalupa mogu poklopiti, inače se kosim blanjanjem lasta na kalupu može postići pravokutni položaj kalupa;

4 sa dva klina koji obostrano pritežu ravne zidove kalupa. Ovaj se način izvođenja primenjuje kod manjih kalupa s plitkim gravurama od skupog alatnog čelika, te se zbog toga laste ne izrađuju, već se klinovima pritežu izravno bočne strane kalupa. Ovo izvođenje ima tu dobru stranu što se tlak prenosi preko cijele osnove bloka, dok kod pritezanja s lastama to nije slučaj.

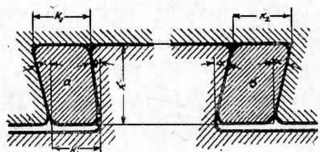
Udešavanje kalupa kod utezanja potrebno je zbog dovođenja osi gornjeg i donjeg kalupa do poklapanja, kao i zbog određivanja težišta udarca s obzirom na oblik kovačkog komada, radi otklanjanja mogućnosti dobivanja nejednakih debljina i klizanja gornjeg i donjeg kalupa.

Način izvođenja lasta (sl. 23). — Površine klina mogu biti izvedene koso kao pod a), ili paralelno kao pod b).

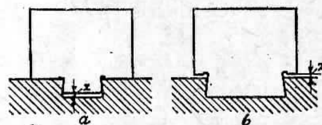
Način pod a) ima dobru stranu što klin kod zabijanja uvlači blok, te se stoga primjenjuje kod težih kalupa. Vanjski kut klina treba da ima 10—12°, a unutrašnji 6—12°. Manji kutovi važe za manje dimen-

zije klinova. Širina klinova treba da je od 30—50 mm. Laste moraju biti dobro zaokrugljene u kutovima.

Blokovi s uskim lastama naliježu s osnovom bloka (sl.24). Kod širokih a visokih blokova uzima se nalijeganje osnovom laste, dok osnova bloka mora biti vrlo mala zbog naprezanja na svijanje koje može nastupiti.



Sl. 23.
Vrste klinova:
a — kosi klin
b — paralelni klin



Sl. 24.
Nalijeganje kalupa:
a — s osnovom laste
b — s osnovom kalupa

Zazor (igra) između osnove laste i postolja, kad je nalijeganje s osnovom bloka, odnosno između osnove bloka i postolja kad je nalijeganje s osnovom lasta, treba da je za manje blokove 3 mm a za veće 6 mm.

Za izravnanje visine kod kovačkih strojeva s ograničenim hodom, kao što su parni i zračni čekići i krivajske preše, upotrebljavaju se naročite podloge na koje se utežu kalupi.

Utezanje alata za skidanje ruba. — Rezne ploče se postavljaju u naročite ramove od običnog čelika i pritežu zavrtnjima pomoću različitih komada za pritezanje, pri čemu mora biti osigurano slobodno ispadanje materijala. (Vidi sl. 25 na 43 strani).

Žigovi se utežu klinom i lastom ili zavrtnjima za naročiti držač, ili pomoću ploče za koju se pritvrđuju na različite načine.

IV MATERIJAL ZA IZRADU ALATA ZA KOVANJE U KALUPU

Glavna uvjetna svojstva materijala za izradu alata za kovanje u kalupu. — Materijal za izradu alata za kovanje u kalupu treba da ima ova svojstva:

tvrdoću koja osigurava veliku otpornost alata protiv prodiranja drugih tijela uslijed udarne ili tlačne sile, kao i sposobnost alata da zadrži svoj prvobitni oblik;

žilavost koja osigurava otpornost alata protiv udarnog opterećenja. Izražena je visokom granicom elastičnosti i velikim istezanjem;

otpornost na trošenje koja osigurava zadržavanje prvobitnih mjera od gubitaka trenjem, koje prouzrokuje tijek materijala naročito na rubovima šupljeg oblika kalupa;

čvrstoću u toplom stanju. — Kalupi se zagrijevaju od usijanih radnih komada, i to normalni udarni i tlačni kalupi na temperaturu od 250—400° C, a kalupi strojeva za kovanje do 500° C. Pri ovim temperaturama kalupi ne smiju omekšati niti se ma kako deformirati;

prostu toplinsku obradu koja omogućuje lako i sigurno postizavanje svojstava koja treba da imaju alati.

Osim toga važno je još i ovo: alatni materijal mora da odgovara propisanom kemijskom sastavu; masa blokova treba da ima jednoličnu strukturu bez

unutrašnjih napona i da je bez ostalih vanjskih i unutrašnjih mana.

Pravilan izbor materijala za izradu alata. — Izbor materijala za alat ovisi o ovim okolnostima:

1 o vrsti materijala kovačkog komada, tj. da li se kuje tvrdi ili mekši, legirani ili nelegirani čelik;

2 o vrsti radnog postupka, tj. da li je kovanje u toplom ili hladnom stanju, da li je alat pretkalup ili završni kalup, da li je kalup za rad pod čekićem ili pod prešom, i da li je alat za skidanje ruba ili neki specijalni alat. Kod kovanja pod čekićem dolazi u obzir rad s lakim ili teškim maljem, s malim ili velikim hodom, odnosno s malom ili velikom udarnom silom. Ista vrsta alatnog čelika različito se ponaša pod različitim uvjetima rada;

3 o broju kovačkih komada za izradu. Alat za izradu velikog broja komada zahtijeva duže održavanje mjera te stoga i otporniji alatni čelik. Za male i srednje ravne komade 1000 komada važi kao mali broj, 1000—3000 komada kao srednji, a preko 3000 komada kao veliki broj. Kod većih dijelova smatra se 1000 komada kao velik broj.

Opterećenje kalupa zgodnije se određuje brojem udaraca ili tlakova koje kalup mora da izdrži. Za udarne kalupe važi kao obično opterećenje 6000 udaraca, kao srednje 15 000, a kao visoko opterećenje 25 000 udaraca. Alat za skidanje ruba treba da traje najmanje dva puta duže;

4 o obliku kalupa. Za plitke gravure primjenjuje se tvrdi alatni čelik zgodan za velike površinske tlakove, a za duboke gravure dolazi u obzir alatni čelik naročito otporan na trošenje uslijed velikog trenja na bočnim zidovima kalupa;

5 o toplinskoj obradi. Tvornice čelika dobavljaju alatni čelik u odgrijanom, prirodno tvrdom i poboljšanom stanju, gotov za upotrebu.

Komplikovaniji oblici, kao na primjer, krivajska vratila, a isto tako i plitki oblici, graviraju se u blokove poboljšanog čelika da se pri naknadnoj toplinskoj obradi ne bi iskrivili.

Kalupi sa srednje dubokim i dubokim gravurama izrađuju se od prirodno tvrdog ili meko odžarenog alatnog čelika, pa se potom toplinski obrađuju;

6 o veličini bloka. Blokovi do 200 mm smatraju se kao mali, od 200—350 mm kao srednji, a iznad 350 mm kao veliki. Za male kalupe uzimaju se tvrđe vrste alatnog čelika nego za velike, koji se obično i ne kale zbog toga što je moguće praskanje. Za vrlo teške udarne kalupe podesan je nisko legirani pa i ugljenični čelik;

7 o proračunu troškova proizvodnje u vezi s cijenom alatnog materijala i o izradi alata po jednom kovačkom komadu.

Sivi i čelični lijev. — Lijev kao alatni materijal primjenjuje se u stanovitim slučajevima za izradu kalupa za rad pod prešom, za držače kalupa, kao i za neke specijalne alate za savijanje.

Prema opterećenju kalupa upotrebljava se sivi ili čelični lijev. Lijev treba da bude zbijene strukture i bez pora i mjehurova, a čelični lijev i dobro odžaren.

Prednosti su lijevanog kalupa u tome što je jeftiniji i zahtijeva manju obradu, jer je moguće izliti i oblik. Nedostaci su lijevanog kalupa u tome što se može upotrebljavati samo za najprostije oblike, za-

tim što je lijev vrlo osjetljiv na udarac i nejednako zagrijevanje, zbog čega kalup zahtijeva velike dimenzije da bi se postiglo dobro odvođenje topline i smanjila pogibelj od prskanja; daljni mu je nedostatak što se može upotrebljavati samo za kovanje mekšeg materijala i, na koncu, što je izdržljivost lijevanog kalupa vrlo kratka vijeka, jer ne može podnijeti opterećenje veće od 100 kovačkih komada.

Alatni čelik. — Alatni čelik za izradu kovačkih kalupa dijeli se:

a) prema kemijskom sastavu: na nelegirane i na legirane alatne čelike ovih grupa: ugljeni čelik, mangan-silicij čelik, krom čelik, nikl čelik, krom-nikl čelik, krom-nikl-molibden čelik i krom-volfram čelik. Prema kemijskom sastavu kale se u vodi, ulju ili na zraku;

b) prema toplinskoj obradi: na alatne čelike meko odžarene, na prirodno tvrde i na poboljšane u pogledu čvrstoće. Meko odžaren i prirodno tvrd alatni čelik je dovoljno pogodan za obradu. On ima čvrstoću od 80—90 kg/mm². Poboljšani čelici mogu se obrađivati do čvrstoće od oko 120 kg/mm², preko koje je obrada vrlo teška ili nemoguća.

Čelik koji se kali u vodi, ima najveću tvrdoću, pa je stoga podesan za velika opterećenja tlakom, jer je naročito tvrd na vanjskim površinama.

Čelik koji se kali u ulju, dobiva tvrdoću većinom u cijeloj masi, može se dobro brusiti, ali svaka vrsta nije dovoljno podesna za jaka udarna opterećenja.

Čelici koji se kale u zraku dobivaju također tvrdoću u cijeloj masi, žilavi su i vrlo otporni;

c) prema primjeni — na alatne čelike za malo, srednje i veliko opterećenje. U tom pogledu u ovisnosti od veličine opterećenja, upotrebljavaju se ove vrste alatnog čelika:

1 za obična opterećenja: za kalupe za pretkivanje, alate za svijanje, srednje i velike kalupe s plitkim gravurama za kovanje manjeg broja komada od materijala čvrstoće do 50 kg/mm² upotrebljava se Simens-Martinov ugljični čelik čvrstoće 60—80 kg/mm², kao prirodno tvrd ili kaljen u vodi i odgrijan do granične čvrstoće od 90—100 kg/mm²;

2 za srednja opterećenja: za srednje i velike kalupe sa srednje dubokim gravurama, za kovanje mekog i srednje tvrdog mašinskog čelika, za srednji broj komada upotrebljava se mangan — silicij čelik prirodno tvrd, čvrstoće 80—85 kg/mm², poboljšan na čvrstoću od 95—100 kg/mm²;

3 za velika opterećenja:

I — za male kalupe s plitkim gravurama, hladne matrice i kalupe za toplo ukivanje pozitiva upotrebljava se: a) žilavo tvrd ugljični čelik čvrstoće u odžarenom stanju 70 kg/mm², kali se u vodi i odgrijeva na 160—180 kg/mm². Vrlo je tvrd i zgodan za visoke radne tlakove, ali je krhak i nije stalan u toplini; b) nisko legirani krom čelik s većom tvrdoćom u toplini i žilaviji, te je zgodan za dublje gravure, kali se u ulju i odgrijeva na 135 kg/mm²; c) srednje legirani krom-nikl-volfram čelik, otporan u toplini, kali se u ulju ili na zraku i odgrijeva na 130 do 140 kg/mm² i d) visoko legirani krom-volfram čelik s velikom čvrstoćom u toplini, vrlo otporan prema trošenju, kali se u ulju ili zraku i odgrijeva na 140—150 kg/mm²;

II — za srednje i velike kalupe s dubokim gravurama upotrebljava se: a) visoko legirani krom

čelik, kali se u ulju i odgrijeva na 130—150 kg/mm²; b) krom-nikl čelik s malim sadržajem nikla kali se u ulju, a s velikim sadržajem nikla na zraku i odgrijava na 135—140 kg/mm² c) krom-nikl-volfram čelik, kali se u ulju i odgrijava na 130—140 kg/mm²;

III — za sve dimenzije kalupa i dubine gravura upotrebljava se krom-nikl-molibden čelik; s manjim sadržajem sastojaka legura, kali se u ulju, a s višim sadržajem sastojaka na zraku, i odgrijava na 130 do 180 kg/mm², pri čemu veće vrijednosti čvrstoće dolaze u obzir za manje i pliće kalupe. Poboljšan na čvrstoću od 110—130 kg/mm², gotov je za upotrebu.

Čelik za alat za skidanje ruba:

1 za obična opterećenja: Simens-Martinov ugljični čelik kali se u vodi i odgrijava na 110 kg/mm² čvrstoće;

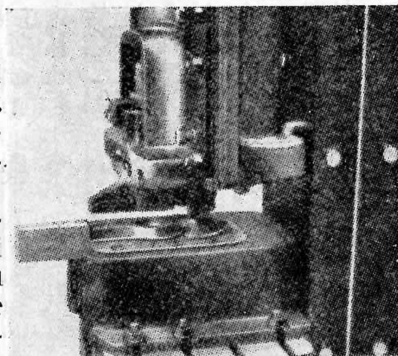
2 za srednja opterećenja: a) za toplu obradu: mangan-silicij čelik kali se u ulju i odgrijava na 100—105 kg/mm² čvrstoće i b) za hladnu obradu: žilavo tvrdi ugljični čelik kali se u vodi i odgrijava na 150 kg/mm² čvrstoće, ili mangan čelik koji se kali u ulju i odgrijava na 140 kg/mm² čvrstoće;

3 za velika opterećenja: a) za toplu obradu: krom-nikl čelik kali se na zraku i odgrijava na 145 kg/mm² čvrstoće i b) za hladnu i toplu obradu: visoko legirani krom čelik kali se u ulju i na zraku (kod kaljenja u ulju odgrijava se na 160—180 kg/mm² čvrstoće) ili krom-nikl čelik koji se kali u ulju i odgrijava na 200 kg/mm² čvrstoće, ili krom-volfram čelik koji se kali u ulju i odgrijava na 230 kg/mm² čvrstoće.

V IZRADA KOVAČKIH KALUPA I ALATA ZA SKIDANJE RUBA

Radni proces kovanja u kalupu točno je određen sklopom alata i uvjetom da kovački komadi moraju biti proizvedeni u okviru propisanih tolerancija mjera.

Izrada kalupa od sivog i čeličnog liva. — Izrada livenih kalupa prostija je i jeftinija od izrade kalupa od alatnog čelika. Sirovo izliveni kalup prema modelu ili šablonu, obrađuje se brušenjem, turpijanjem i grebanjem. Eventualna šupljikavost u lijevu popravlja se obično elektro-lučnim navarivanjem.



Sl. 25.
Skidanje ruba s kovačkog komada na krivajskoj preši

Ponekad se oko kalupa navlače prstenovi za pritezanje radi pojačanja otpornosti kalupa.

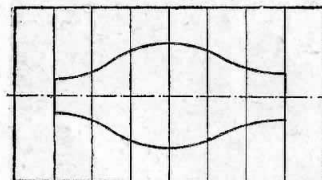
Izrada kalupa od alatnog čelika rezanjem

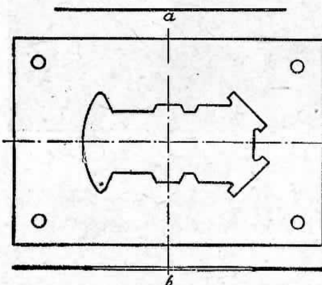
a) Priprema i obilježavanje bloka vrši se na ovaj način: gornja površina kalupskog bloka obradi se blanjanjem i brušenjem, a potom očisti od eventualnih masnih mrlja i tanko prevuče smjesom na kojoj se vrši obilježavanje. Zatim se oštrom čeličnom iglom i čeličnim alatom za mjerenje obilježavaju i povlače podužna i ostale osi.

Obilježavanje kalupa može se vršiti ili nepo-

sredno premašenjem mjera s crteža kovačkog kalupa koji je izrađen s mjerom skupljanja ili pomoću šablona od lima, koji mogu biti puni ili šuplji (sl. 26).

Obilježavanje na prvi način je najtočniji postupak i treba ga upotrijebiti za blokove velike iznad 200 mm. Šabloni za obilježavanje izrađuju se od dekapiranog lima debelog 0,3 mm, a šabloni za vođenje kod kopirnog glodanja od lima debelog 4—5 mm.





Sl. 26.
Obilježavanje kalupskog bloka:
a — pomoću punog šablona
b — pomoću šupljeg šablona

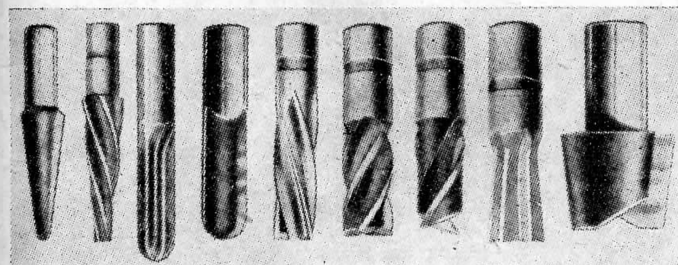
Kod kalupa s izlomljenom dionom fugom prvo se obrađuju i pasuju kalupske strane gornjeg i donjeg kalupa, pa se istom onda vrši obilježavanje gravure.

b) Mehanička obrada kalupa rezanjem vrši se uglavnom blanjanjem, bušenjem, tokarenjem i glodanjem (frezovanjem).

Blanjanje. — Kod blokova za manje kalupe blanjaju se pravokutno sve strane, a kod blokova za veće kalupe blanjaju se ili samo strane za graviranje i strane za utezanje kalupa, ili pravokutno svi rubovi gravurne plohe radi točnog pasovanja. Manji se blokovi blanjaju na šeping-mašinama, a veći na stolnim blanjalkama.

Bušenje. — Bušenje se primjenjuje samo za izradu rupa za ulaz glodala i za umećanje vodećih čepova i držača. Izrada kalupskog oblika bušenjem rupe do rupe potpuno je zastario način rada i treba ga izbjegavati.

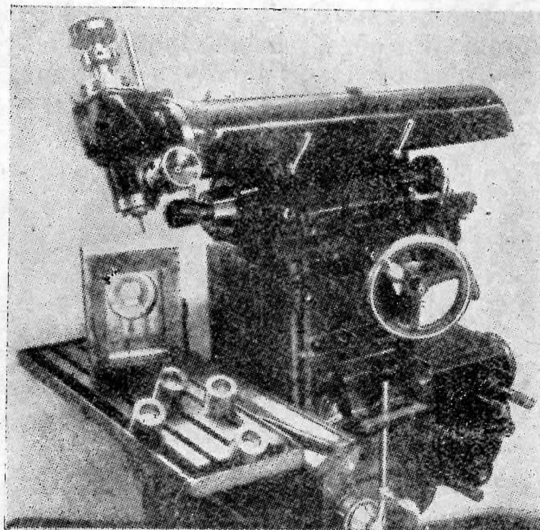
Tokarenje. — Na tokarskom stolu se obrađuju kalupi sa šupljim okretnim oblicima, a postoje i naročiti uređaji za tokarske stolove za eliptično i kopirno tokarenje. Za obradu manjih blokova upotrebljavaju se normalni tokarski stolovi, a za obradu većih blokova tokarski stolovi karusel ili čelni tokarski stolovi.



Sl. 27.
Glodala sa drškom za obradu kalupskih oblika

Glodanje. — Obrada glodanjem najviše je primjenjena obrada kod kalupa. Dok se kod blanjanja, bušenja i tokarenja može upotrebljavati normalni alat, za glodanje su potrebne sve vrste glodala za čelno i bočno glodanje u slogovima s porastom u stupnjevima od 2—3 mm za promjere od 10—40 mm (sl. 27).

Za glodanje kalupa upotrebljavaju se vertikalne glodalice, univerzalne glodalice za kalupe (slika 28) i specijalne glodalice koje rade prema šablonu ili modelu. Glodalica ima od običnih tipova, koji imaju ručna (sl. 29), pa do automatskih, koje imaju mehanizovana povlačenja i potpuno automatski izvršavaju glodanje kalupskog oblika (sl. 32).



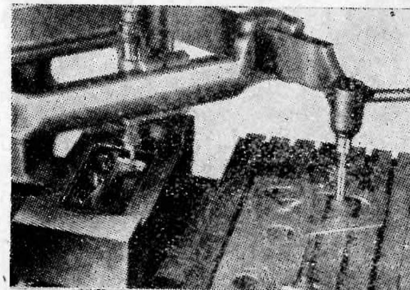
Sl. 28.
Univerzalna glodalica za obradu kalupa

c) Ručna obrada kalupa: Opseg ručne obrade zavisi od veličine otstupanja mehaničke obrade i skoro je u svakom slučaju potrebna u većoj ili manoj mjeri.

Ručni alati su dlijeta, grebala, turpije i podbijači različitih oblika. Za ručnu obradu kalupa upotrebljavaju se i različiti ručni električni i pneumatički strojevi za glodanje, turpijanje i brušenje u lakom, srednjem i teškom izvođenju.

Za pogodno udešavanje kalupa pri ručnoj obradi u svakom položaju upotrebljavaju se kuglaste mengele (škrip) ili kožni jastuk napunjen pijeskom.

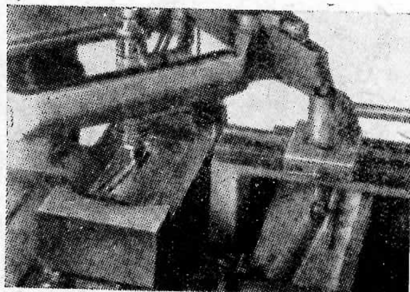
d) Ispitivanje oblika kalupa: Ukoliko za obradu kalupa nisu upotrijebljeni automatski kopirni strojevi, mora se za vrijeme trajanja obrade kontrolirati kalupski oblik dubinskim mjerilima ili šablonima koji su izrađeni prema promjenljivosti presjeka kalupskog oblika. Poprečni šabloni služe za ispitivanje obilježenih poprečnih profila, a uzdužni za ispitivanje obilježenih uzdužnih profila kalupskog oblika. Mjesta za postavljanje šablona obilježavaju se crtama na gornjoj površini kalupa.



Sl. 29.
Obična kopirna glodalica pri obradi kalupa prema šablonu

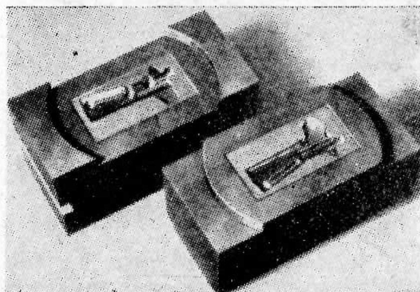
Po završenoj obradi mora se kalupski oblik naknadno ispitati u pojedinosti. Obični okrugli oblici mogu se ispitati pomoću naročitog tušírnog alata. Ostali kompliciraniji oblici ispituju se na pozitivu od

neke plastične mase ili, bolje, od sadre ili olova, i to za svaku polovicu kalupskog oblika posebno, ili za cjelokupan kalupski oblik. Pri kontroli mjera treba imati u vidu i mjeru skupljanja, debljinu ruba i poklapanje osi kalupa.



Sl. 30.
Obična kopirna glodalica pri obradi kalupa prema modelu

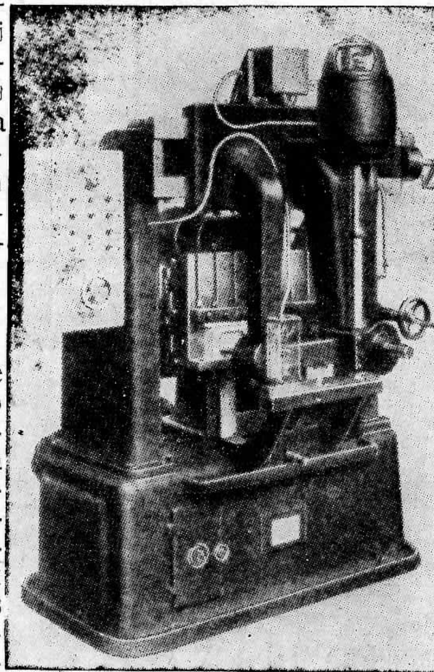
e) Završne obrade: Po završenom ispitivanju mjera kalupskog oblika obrađuju se rubne površine, rupe za zrak i žljebovi za vađenje, odnosno izbacivači. Potom se vrši toplinska obrada — kaljenje i odgrijavanje kalupa. Po izvršenoj toplinskoj obradi vrši se glačanje kalupskog oblika brušenjem i poliranjem. Poliranje se vrši na naročitim polirnim strojevima sa pločama od fibra ili ručno loptama od kože s mješavinom ugja i najfinije šmirgle. Za ravne površine upotrebljavaju se male polirne ploče od drveta, prevučene kožom i nalijepljene šmirglom.



Sl. 31.
Kalup obrađen kopirnim glodanjem

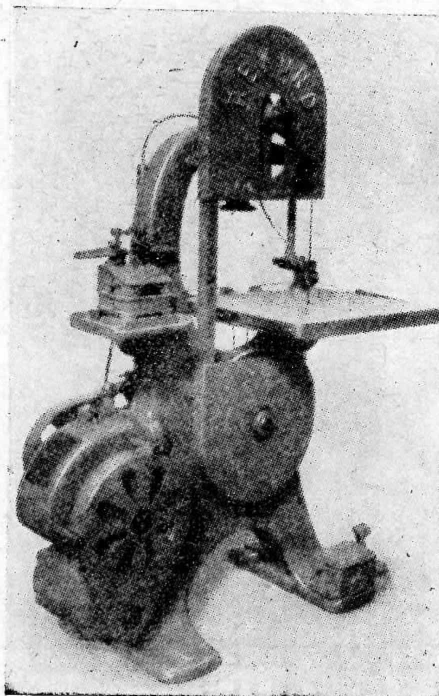
Ponekad se kalupi, pored sjajnog poliranja, i kromiraju radi dobivanja glatkih kovačkih komada bez risova. Pretkalupi ne moraju biti tako čisto izvedeni kao završni kalupi.

Izrada alata za skidanje ruba. — Obilježavanje se vrši na prethodno pripremljenoj reznoj ploči, prema šablonu ili po crtežu koji se po opsegu ubada. Važno je da je oblik pravilno ucrtan s mjerom za skupljanje, ako je skidanje ruba u toplom stanju. Kod hladnog rezanja ruba blanja se jedan kovački komad do polovice, oturpija mu se obod na dionoj plohi i točno ispitaju njegove mjere. Potom mu se na



Sl. 32.
Automatska glodalica za obradu kalupa prema modelu

dionoj plohi ucrtaju osi i onda se upotrijebi kao šablon za obilježavanje. Kod izrade rezne ploče obično dolaze u obzir ove obrade: blanjanje, dubljenje, tokarenje i glodanje.



Sl. 33.
Tračna pila za obradu reznih ploča

U novije vrijeme sve se više upotrebljavaju za obradu raznih ploča metalne tračne pile (sl. 33), koje rade brzo i ekonomično. Rez se izvodi okomito ili do 15° nagiba. Mjere se ispitivaju po izvršenoj toplinskoj obradi.

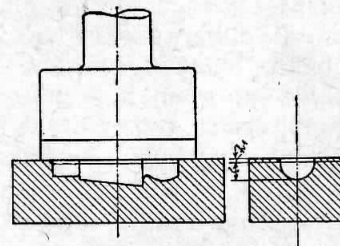
Otupjela sječiva mogu se osposobiti brušenjem ili podbijanjem po izvršenom odgrijavanju, nakon čega je potrebna ponovna toplinska obrada.

Izrada kalupa od alatnog čelika utiskivanjem u toplom stanju

Postupak utiskivanja kalupskog

oblika u toplom stanju sastoji se u tome da se pozitiv kalupskog oblika utisne u zagrijani blok ili kalupski umetak udarcem malja čekića ili tlakom preše. Pozitiv kalupa izrađuje se s dvostrukom mjerom skupljanja. Ovim se postupkom mogu izrađivati i pretkalupi i završni kalupi.

Pri upotrebi pravilnih vrsta alatnog čelika, izdržljivost ovih kalupa vrlo je velika, naročito ako vlakna materijala nisu prekinuta već se produžavaju u utisnutom obliku gornje zbijene površine, uslijed čega je povećana otpornost na trošenje uslijed upotrebe.



Sl. 34.
Pozitiv za izradu kalupskog oblika po postupku utiskivanja u toplom stanju

Pozitiv — kalup služi za utiskivanje samo jedne polovice kalupa (sl. 34) i izrađuje se s većom visinom h_p no što je dubina gravure h, jer se kod utiskivanja rubovi konture kalupskog oblika uvlače i zaobljuju. Dodatak visine h_1 mora biti skinut blanjanjem i brušenjem da bi dobio pravi oštri kalupski oblik. Prema tome visina utiskivanja pozitiv-kalupa iznosi $h_p = h + h_1$. Dodatak visine h_1 za manje dijelove treba da je 2—3 mm, a za veće 3—4 mm. Nagib strana pozitiv-kalupa mora biti vrlo malen, i to za plitke oblike 1% a za duboke nešto više. Pozitiv-kalupi se izrađuju vrlo točno pa se potom obrađuju toplinski i na koncu poliraju. Za velike kalupe

prave se pozitivi ponekad manji za 0,3—0,5 mm — radi dodatka za naknadnu obradu kalupskog oblika.

Radni postupak kod utiskivanja pozitiva je ovaj: Pritezanje kalupskog bloka u prešu ili čekić udešava se prethodno u hladnom stanju da bi se trajanje pritezanja zagrijanog bloka što više ubrzalo. Po izvršenom utiskivanju pozitiva blok se odgrijava i potom obrađuje u kiselini radi skidanja ljusaka (cundera). Iza toga se blok blanja sa strane gravure na pravu dubinu kalupskog oblika, ucrtavaju se osi oblika, blanjaju pritezne površine, glača kalupski oblik šmirglom, a po potrebi i strugačem, i pažljivo zaobljuju rubovi. Potom se vrši toplinska obrada kalupa i na koncu se kalupski oblik svijetlo polira.

Kod teških kalupa s uskim mjestima moraju se u pozitivu izraditi rupe za odlaz zbijenog zraka. Za izradu pozitiva obično se upotrebljavaju ugljični ili nisko legirani čelici. Kod zagrijavanja bloka naročito treba paziti da strana gravure ne bude lišena ugljika, zbog čega treba da bude pokrivena limom. Prije i poslije toplog utiskivanja pozitiva u blok, površina kalupa mora biti čista od cundera, i potom se odmah ispunjava mljevenjem drvenim ugljenom ili strugotinom (pilotinom) od liva. Kod utiskivanja više uzastopnih kalupa temperature blokova treba da budu približno podjednake u granicama od 750—950° C, i to zbog podjednake mjere skupljanja.

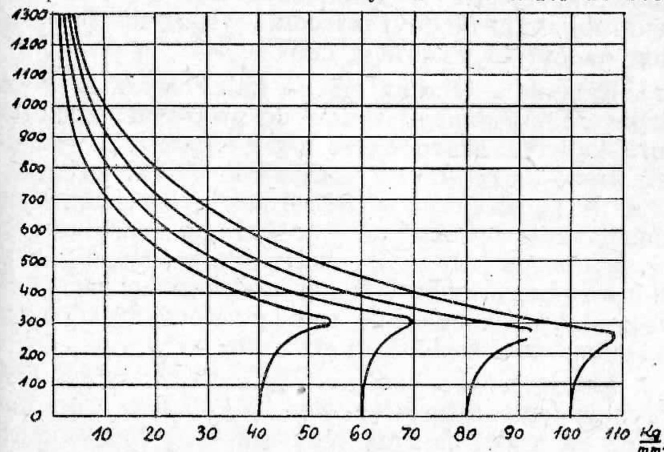
S jednim pozitivom može se izraditi oko 200 kalupa s velikom uštedom vremena. Kovački kalup koji je izrađen po postupku utiskivanja u toplom stanju, traje za oko 25% duže nego kalup koji je izrađen rezanjem.

Točnost izrade alata. — Otstupanje mjera kod alata izrađenog rezanjem na neautomatskim kopirnim mašinama i utiskivanjem u toplom stanju, iznosi ± 0,1 mm, a kod alata izrađenog na automatskim kopirnim mašinama, ± 0,05 mm.

VI TOPLINSKA OBRADA KALUPA OD ALATNOG ČELIKA

Uvjeti za toplinsku obradu kalupa. — Da li jedan kalup treba kaliti ili ne, ovisi o vrsti alatnog čelika kalupa, o materijalu kovačkog komada i o veličini oblika kalupa.

Pravilan odnos između čvrstoće kovačkog komada u toplom stanju (sl. 35) i čvrstoće kovačkog kalupa ne treba da bude manji od odnosa 1:5 do 1:6.



Sl. 35.
Dijagram čvrstoće čelika u ovisnosti od temperature zagrijavanja

Prema tome, ukoliko je izabran odgovarajući čelik za kalup, a kovački komad zagrijan na normalnu temperaturu kovanja, tako da odnos njihove čvrstoće u radnom stanju nije manji od naprijed navedenog, može se raditi i s nekaljenim kalupom. Ukoliko je tanji kovački komad, utoliko manji treba da bude broj udaraca, jer se uslijed odvođenja topline brzo hladi, naročito na rubu, te se propisani odnos uzajamne čvrstoće naglo smanjuje, i to utoliko više, što se sam kalup zagrijava odvođenjem topline iz kovačkog komada.

Manji i srednji kalupi koji ne prelaze težinu od 150 kg, mogu se kaliti bez poteškoća. Kod većih i težih kalupa s plitkim gravurama obično se izbjegava kaljenje, te se stoga za izradu ovih kalupa upotrebljavaju blokovi prirodno tvrdog ili poboljšanog na čvrstoću alatnog čelika.

Kaljenje — Kalupi koji se kale, moraju se progrijavati postupno i potpuno do propisane temperature kaljenja. Kalup zagrijan do temperature kaljenja, treba da probavi ½—1 časa na istoj temperaturi da bi se progrijao u cijeloj masi, jer nejednolično zagrijavanje prouzrokuje kod kaljenja meka mjesta i pukotine na kalupu. Za zagrijavanje kalupa za toplinsku obradu najpovoljnije su električne peći, i to zbog dobrog reguliranja topline. Upotrebljavaju se također i peći s plinskim gorivom.

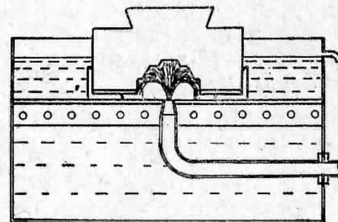
Kod kaljenja u vodi i ulju mora se paziti na održavanje temperature tekućine za kaljenje, a pri kaljenju na zraku da zrak bude suh i ne suviše komprimiran.

Za zaštitu od stvaranja ljusaka (kovačine, cundrovanja) i gubljenja ugljika, šuplji kalupski oblici

prije zagrijavanja za kaljenje ispunjavaju se mljevenim drvenim ugljenom i prevlače ilovačom; kod upotrebe plinskih peći radi se s reducirajućim plamenom.

Mali kalupi do oko 150 mm kale se većinom cijeli u vodenoj ili uljnoj kupci pri čemu se mora voditi računa o tom da se ne stvore plinski prostori u šupljini oblika. Potapanje mora da bude tako izvedeno da plinski mjehuri mogu lako da odu i ne prouzrokuju meka mjesta u kalupu. Tekućina mora biti u brzom pokretu da bi uz kalup bila hladna i da bi se otklonilo stvaranje plinskih prostora u šupljini kalupa. Ovo se najbolje postizava postupkom s vodenim mlazom (sl. 36).

Kod ovog se postupka zagrijani kalup postavlja na naročiti uređaj u kupatilu, gdje ostavlja slobodnu samo gravurnu površinu kalupa. Potom se pusti vodeni mlaz da udara odozdo u kalupski oblik dok ne iščezne boja kalupa, a tada se pusti vodeni mlaz i sa gornje strane dok kalup ne postane mlak, što je potrebno radi sprječavanja mogućeg krivljenja kalupa. Sa donje strane produžava se i dalje hlađenje vodenim mlazom do potpunog ohlađenja kalupa, što je potrebno da se spriječi zagrijavanje najdubljih mjesta kalupskog oblika od topline jezgra. Uređenje kalionice treba tako izvesti, da se što manje vremena izgubi



Sl. 36
Kaljenje kovačkog kalupa vodenim mlazom

na prenos zagrijanog kalupa od peći do kupke da bi se kaljenje izvršilo na točno propisanoj temperaturi.

Kaljenjem vodenim mlazom postizava se na površini kalupa najveća tvrdoća, koja postupno opada idući ka jezgru, tako da kalup zadržava dovoljnu elastičnost, što je naročito od važnosti kod udarnog rada. Za blaže ili oštrije kaljenje treba da postoji mogućnost reguliranja temperature vode. Kod kaljenja dugih kalupskih oblika, mora se postaviti niz mlaznica jedna do druge tako da se postigne jednolično hlađenje šupljine kalupa. Kod kaljenja naročito dugih kalupa postupak s vodenim mlazom ne može se primjeniti, zbog krivljenja. Ako kaljenje nije moguće izostaviti, dugi se kalup kali u ulju potapanjem u pravcu najduže osi u duboko kupatilo.

Kalupski se umetci kale odvojeno i potom uprešavaju u nakaljene blokove. Čepovi se za prešanje kale na vrhu u vodi ili ulju.

Odgrijavanje. — Kaljeni kalupi se odgrijavaju zbog uklanjanja unutrašnjih napona ili krhosti i dovođenja kalupa na pravu čvrstoću i žilavost. Po pravilu svaki kalup za topli rad treba da se odgrije do temperature veće za 30—40° C od njegove radne temperature, koja ovisi o temperaturi kovanja i učestanosti rada. Obično samo fabrike čelika daju za svaku vrstu alatnog čelika pravilnu temperaturu odgrijavanja.

Ako nije poznata vrsta alatnog čelika, treba prostije kalupe odgrijavati žuto, a komplikovanije ljubičasto.

Postupak za toplinsku obradu alata za skidanje ruba isti je kao i za kalupe.

Po završenoj toplinskoj obradi alata za kovanje u kalupu i za skidanje ruba ispituje se tvrdoća na različitim mjestima pomoću naročitih sprava.

VII UPOTREBA, ODRŽAVANJE, POPRAVAK I SMJEŠTAJ ALATA ZA KOVANJE U KALUPU

Namiještanje kalupa u mašinu. — Kalupi se namiještaju tako da se težište udarca malja čekića ili tlaka malja preše poklapa s težištem kovačkog komada, jer inače nastupa klizanje kalupa i koso iskivanje.

Najprije se namjesti donji kalup i slabo pritegne, zatim se namjesti gornji kalup koji se čvrsto pritegne, pri čemu se pazi da se oznake pokrivaju; potom se donji kalup točno udesi i tada čvrsto pritegne. S nekoliko lakih pokusnih udaraca ispita se da nisu popustili dijelovi za pritezanje. Otskočan i zvonak udarac pokazuje dobro sjedenje, a mek i tup udarac nedovoljno pritezanje.

Kod namiještanja kalupa u čekiće i krivajske preše treba voditi računa da se održi visina hoda.

Zagrijavanje kalupa. — Prije no što se otpočne s radom, kalupi treba da se zagriju na 150—300° C, prema vrsti alatnog čelika koji na ovoj temperaturi postizava najveću čvrstoću.

Pokusno kovanje. — Pokusno kovanje vrši se radi određivanja točne količine i dimenzija materijala, kao i radi ispitivanja pravilnosti poklapanja osi gornjeg i donjeg kalupa.

Pokus određivanja točne količine potrebnog materijala vrši se otkivanjem triju kovačkih komada, i to prvog komada s proračunanom težinom ma-

terijala, drugog s 10% većom težinom i trećeg s 10% manjom težinom.

Pravilnost poklapanja osi kalupa ispituje se u stanovitim slučajevima otkivanjem pokusnog komada od olova.

Hlađenje i ispuhavanje kalupa. — Pri stalnoj upotrebi i učestanom radu kalupi se zagrijavaju na temperaturi od 250—400° C, a kod stanovitih strojeva s brzim radom i do 500° C. Kako čvrstoća alatnog čelika počinje naglo da opada kod temperature od 400—500° C, potrebno je hlađenje kalupa da bi se otklonilo njegovo brzo kvarenje.

Pogodan je način hlađenja zračnim mlazom pod tlakom od 5—7 atm, ali ne manje od 1,5—2 atm; taj način istodobno služi i za ispuhavanje kalupa od cundera. Gornji kalup trpi manje od zagrijavanja, jer je u pokretu i kraće vrijeme u dodiru s usijanim kovačkim komadom.

Mazanje kalupa. — Zidovi kalupskog oblika mažu se radi smanjenja otpora trenja tijeka materijala koji se oblikuje. Za mazanje radnih površina kalupa upotrebljava se teško ulje, loj, vosak ili vazelin s nešto grafita, koji pri dodiru usijanog radnog komada isparavaju i stvaraju tanak sloj plinova pod tlakom između radnih površina kalupa i kovačkog komada. Mazanje se vrši u tankom sloju po cijeloj površini kalupskog oblika.

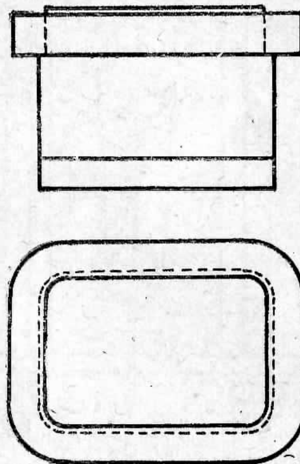
Namiještanje alata za skidanje ruba. — Najprije se namiješta i priteže žig, pa se potom rezna ploča stavlja u držač, pri čemu treba dobro da naliježe. Potom se žig pusti u ploču, pa se ona točno podesi i pritegne. Žig ulazi u ploču 5—10 mm. Mazanje

rubova žiga i ploče vrši se obično uljem i služi za smanjenje trenja i za hlađenje.

Promjena kalupa u strojevima. — Namještanje i skidanje kalupa zahtijeva trošenje vremena pa stoga treba prije izvršiti sve potrebne pripreme za promjenu kalupa.

Po završenoj upotrebi zagrijani kalup se ne baca u vodu niti se iznosi na otvoreni prostor, već ga treba ostaviti da se ohladi u kovačnici, pa ga potom namazati uljem i odnijeti u spremište kalupa.

Za iduću upotrebu kalup treba najprije da ide u alatnicu radi provjeravanja njegovih mjera i eventualnog dotjerivanja, pa istom zatim dolazi za namiještanje u stroj.



Sl. 37. Prstenovi za stezanje na kovačkom kalupu

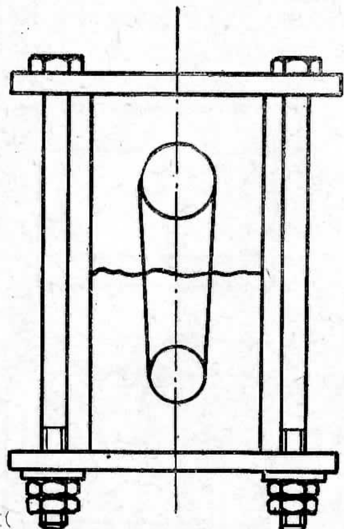
Održavanje kalupa. — Manje pukotine na kalupu mogu se otkloniti podbijanjem ili dlijetovanjem i elektrolučnim zavarivanjem s naknadnom obradom popravljenog mjesta ručnim brusnim mašinama.

Kod većih pukotina ili preloma kalupi se mogu osposobiti za daljnju kratkotrajnu upotrebu navlačenjem na kalup čeličnog steznog prstena (sl. 37) ili stezanjem kalupa vezicama sa zavrtnjima (sl. 38).

Prsten za stezanje obrađuje se na mjeru manju

za 2‰ od mjera njegova sjedišta na kalupu i navlači se na njega u zagrijanom stanju.

Vezice se namještaju na kalup i pritežu zavrtnjima, pa se potom zavrtnji zagrijevaju acetilenskim goračem i ponovno pritežu. Poslije hlađenja zavrtnjeva prelom kalupa je čvrsto pritegnut.



Sl. 38.
Pritezanje prelomljenog kovačkog kalupa vezicama sa zavrtnjima

Obnavljanje kalupa. — Kad kalup izgubi dopuštene tolerancije, isključuje se iz upotrebe. Obnavljanje kalupa u istome bloku vrši se poslije njegova odgrijavanja putem blanjanja gravurne plohe za dubinu od 10—15 mm radi potpunog otklanjanja zamorenog materijala, nakon čega se kalupski blok ponovo obilježava i u njemu obrađuje kalupski oblik.

Na ovaj način može se do tri puta obraditi kalupski oblik u istom bloku, ali sa svakom daljom obradom njegovo radno opterećenje biva sve manje. Prema iskustvu, radno opterećenje drugog kalupa iznosi 75—80%, a trećeg do 60% od prvobitnog.

Evidentiranje i smještaj alata za kovanje u kalupu. — Kalupi i alat za skidanje ruba obilježavaju

se brojkama i njihovi se tehnički i drugi podaci unose u naročitu knjigu evidencije kalupa, ili u kartoteku, u koju se upisuju i podaci o njihovom radu.

Kalupi koji nisu u upotrebi 2—3 godine i za koje nema izgleda da će ponovno biti potrebni, iskorišćavaju se kao materijal za izradu drugih kalupa.

Radi boljeg pregleda i lakšeg snalaženja, kalupi se smještaju u naročito spremište — lakši u police s redovima i pregradama, a teži po podu ili na naročite stepenaste podloge.

TEŽINE ALATNOG ČELIKA ZA REZANJE PLOČE U KG/M

	ŠIRINA mm.									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
20	15,70	17,27	18,84	20,41	21,98	23,55	25,12	26,69	28,26	29,83
30	23,55	25,91	28,26	30,62	32,97	35,33	37,88	40,04	42,39	44,75
40	31,40	34,54	37,68	40,[illegible]2	43,96	47,10	50,24	53,38	56,52	59,56
50	39,26	43,08	47,10	51,02	54,96	58,88	62,80	66,72	70,66	74,58
60	47,10	51,82	56,52	61,24	65,94	70,66	75,76	80,08	84,78	89,50
70	54,96	60,44	65,94	71,74	79,94	82,42	87,92	93,42	98,92	104,40
80	62,80	69,08	75,36	81,64	87,92	94,20	100,48	106,76	113,04	119,22
90	70,66	77,72	84,78	91,84	99,92	105,98	113,04	120,10	127,18	134,24
100	78,56	86,16	94,20	102,04	109,92	117,76	125,60	133,44	141,32	149,16
110	86,36	94,90	1[illegible]3,62	112,26	120,84	129,54	138,56	146,80	155,44	146,08
120	94,20	103,64	113,04	122,48	131,88	141,32	151,52	160,16	169,56	179,00

TEŽINE KVADRATNOG ALATNOG ČELIKA ZA KALUPE U KG/M

Dimenzija mm	Težina kg / m	Dimenzija mm	Težina kg / m	Dimenzija mm	Težina kg / m
10	0,78	155	186,91	300	700,2
15	1,75	160	199,17	320	796,7
20	3,11	165	211,81	340	899,4
25	4,86	170	224,84	350	953,0
30	7,00	175	238,26	360	1008,3
35	9,53	180	252,07	380	1123,4
40	12,45	185	266,27	400	1244,8
45	15,75	190	280,86	420	1372,4
50	19,45	195	295,84	440	1506,2
55	23,53	200	311,20	450	1575,4
60	28,01	205	326,95	460	1646,2
65	32,87	210	343,10	480	1792,5
70	38,12	215	359,63	500	1945,0
75	43,76	220	376,55	520	2103,7
80	49,79	225	393,86	540	2268,6
85	56,21	230	411,56	550	2353,4
90	63,02	235	429,65	560	2438,9
95	70,21	240	448,13	580	2617,12
100	77,80	245	467,00	600	2800,8
105	85,77	250	486,25	620	2990,6
110	94,14	255	505,89	640	3186,7
115	102,89	260	525,93	650	3287,1
120	112,03	265	546,35	660	3389,0
125	121,56	270	567,16	680	3597,5
130	131,48	275	588,36	700	3812,2
135	141,79	280	609,95	720	4033,2
140	152,49	285	631,93	740	4260,3
145	163,57	290	654,30	750	4376,2
150	175,05	295	677,05	760	4493,2

USPOREDNA TABLICA ČVRSTOĆE I TVRDOĆE PO BRINELU (Brunellu), ROKVELU (Rockwellu) i ŠOREU (Shoreu)

Čvrstoća od kg / mm²	Po Brunellu			Po Rockwellu		Po Shoreu
	Kugla 5 mm opter. 750 kg utisak ⌀ mm	Kugla 10 mm opt. r. 3000 kg utisak ⌀ mm	Broj tvrdoće	C skala	B skala	
255	1,12	2,25	752	—	—	98
250	—	—	732	—	—	97
245	1.15	2 30	712	—	—	96
242	—	—	700	—	—	94
235	1,18	2,35	676	65	—	93
229	—	—	665	64	—	91
224	1,20	2,40	653	63	—	89
222	—	—	643	63	—	89
218	1,22	2,45	632	62	—	88
214	—	—	621	61	—	87
206	1,25	2,50	601	59	—	85
203	—	—	592	59	—	84
200	1,28	2,55	582	58	—	83
194	—	—	564	57	—	81
191	1,30	2,60	555	56	—	79
188	—	—	547	55	—	77
182	1,33	2,65	530	54	—	77
179	—	—	522	53	—	76
177	1,35	2,70	514	53	—	75
175	—	—	507	52	—	74
171	1,38	2,75	495	51	—	73
167	—	—	485	50	—	71
164	1,40	2,80	477	50	—	70
161	—	—	471	49	—	69

Čvrstoća od kg / mm²	Po Brunellu			Po Rockwellu		Po Shoreu
	Kugla 5 mm opter. 750 kg utisak ⌀ mm	Kugla 10 mm opter. 3000 kg utisak ⌀ mm	Broj tvrdoće	C skala	B skala	
159	1,42	2,85	460	48	—	68
156	—	—	451	48	—	67
153	1,45	2,90	444	47	—	67
151	—	—	438	46	—	66
148	1,48	2,95	429	45	—	64
144	1,50	3,00	415	44	—	62
138	1,52	3,05	401	43	—	60
133	1,55	3,10	388	41	—	58
127	1,58	3,15	374	41	—	58
125	1,60	3,20	363	39	—	56
122	1,62	3,25	352	38	—	55
117	1,65	3,30	341	37	—	54
112	1,68	3,35	331	36	—	52
110	1,70	3,40	321	35	—	51
107	1,72	3,45	311	34	—	50
104	1,75	3,50	302	33	—	49
100	1,77	3,55	293	32	—	47
98	1,80	3,60	285	31	—	46
94	1,83	3,65	276	30	—	44
92	1,85	3,70	269	29	—	43
90	1,87	3,75	262	28	—	42
88	1,90	3,80	255	27	—	41
85	1,92	3,85	248	25	—	40

Čvrstoća od kg / mm²	Po Brunellu			Po Rockwellu		Po Shoreu
	Kugla 5 mm opter. 750 kg utisak ⌀ mm	Kugla 10 mm opter. 3000 mm utisak ⌀ mm	Broj tvrdoće	C skala	B skala	
83	1,95	3,90	241	24	100	39
81	1,97	3,95	235	23	99	39
79	2,00	4,00	229	22	98	38
77	2,02	4,05	223	21	97	37
75	2,05	4,10	217	20	96	36
73	—	4,15	212	—	95	35
71	2,10	4,20	207	—	94	—
69	—	4,25	201	—	93	34
67	2,15	4,30	197	—	92	33
66	—	4,35	192	—	91	—
65	2,20	4,40	187	—	90	32
64	—	4,45	183	—	89	—
63	2,25	4,50	179	—	88	31
62	—	4,55	174	—	87	—
61	2,30	4,60	170	—	86	30
60	—	4,65	166	—	85	—
59	2,35	4,70	163	—	84	29
58	—	4,75	159	—	83	—
56	2,40	4,80	156	—	82	28
55	—	4,85	153	—	81	—
54	2,45	4,90	149	—	80	27
53	—	4,95	146	—	79	—
52	2,50	5,00	143	—	78	26
51	—	5,05	140	—	77	—
50	2,55	5,10	137	—	76	25
49	—	5,15	134	—	75	—

Čvrstoća od kg/mm²	Po Brunellu			Po Rockwellu		po Shoreu
	Kugla 5 mm opter. 750 kg utisak ⌀ mm	Kugla 10 mm opter. 3000 mm utisak ⌀ mm	Broj tvrdoće	C skala	B skala	
48	2,60	5,20	131	—	74	24
47	—	5,25	128	—	73	—
46	2,65	5,30	126	—	72	23
45	—	5,35	124	—	70	22
44	2,70	5,40	121	—	68	—
43	—	5,45	118	—	66	21
42	2,75	5,50	116	—	65	—
41	—	5,55	114	—	64	20
40	2,80	5,60	111	—	62	—
39	—	5,65	109	—	61	19
	2,85/	5,70/	107/			
38	2,90	5,75	105	—	58	—
	2,92/	5,75/	106/			
37	2,95	5,80	103	—	58	—
	2,95	5,85/	101/			
36	—	5,90	99	—	55	18
	2,97/	5,95/	98/			
35	3,00	6,00	96	—	53	—
	3,02/	6,05/	94/			
34	3,05	6,10	92	—	51	17
	3,07/	6,15/	91/			
33	3,10	6,20	88	—	50	16
	3,12/	6,25/	87/		48	
32	3,15	6,30	85	—	46	15
	3,17/	6,35/	84/		44	—
30	3,20	6,40	82			

SADRŽAJ

Strana

Strana

Strana

STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA

DOSADA IZIŠLO

Din.

1. Ing. *Milan D. Trbojević:* Livenje metala . . . . Rasprodano
2. Ing. *Božidar Furundžić:* Beton i armirani beton . Rasprodano
3. Ing. *V. Pavlović:* Provetravanje jamskih prostorija II izdanje 4.50
4. Ing. *Marsel Konforti:* Unutrašnje električne instalacije — Rasprodano
5. *Stevan Rađenović:* Elektrolučno zavarivanje — Rasprodano
6. *Ljudevit Šistek:* Proizvodnja piva . . . . . . Rasprodano
7. Ing. *Đorđe Razumenić:* Lokomotiva, I deo — II izadnje . 11.—
8. Ing. *Milorad Cvijić:* Podzemna električna mreža II izdanje 8.—
9. Ing. *Branislav Ilić:* Tehničko crtanje u mašinstvu — II izdanje 6.50
10. *Žarko Stamenković:* Tekstilno mašinsko pletenje — Rasprodano
11. Ing. *M. Martinović:* Naša žita u pekarstvu i mlinarstvu — Rasprodano
12. Ing. *Velimir Božić:* Radionička merila metalotehnike — Rasprodano
13. Ing. *Vladimir Farmakovski:* Goriva i sagorevanje — Rasprodano
14. Ing. *Milenko Gavrilović:* Gotova koža . . . . 10.—
15. Ing. *Milivoje Stevanović:* Anatomija drveta . . . . . 12.—
16. Ing. *Mihailo Krstić:* Elektromotori jednosmerne struje — Rasprodano
17. Ing. *Nenad Zrnić:* Sprave za obradu metala . . . . . 6.—
18. Ing. *Borivoje Milošević:* Gvožđe i čelik 8.50
19. *Stanislav Milošević:* Tekstilne sirovine 6.50
20. *** Stahanovske metode kod izrade oplata . . . . . 4.—
21. Ing. *Đorđe Razumenić:* Lokomotiva II deo — Kotao . . 7.50
22. *Vladan Dunić:* Sredstva za brušenje . . . . 10.—
23. Ing. *Stevan Rakočević:* Izrada nasipa 5.50
24. Ing. *Mihailo Borisavljević:* Benzinski motori — . Rasprodano
25. Ing. *Stjepan Vukelić:* Računica u radionici . . . . . 10.—

STRUČNA BIBLIOTEKA JEDINSTVENIH SINDIKATA

Broj 47

		Din.
26.	Ing. arh. *Dujam Granić:* Građevinski materijal	7.—
27.	Ing. *Milorad Cvijić:* Alternatori	7.—
28.	*P. N. Zmij:* Čuvanje autoguma	9.50
29.	Ing. *Živojin S. Milovanović:* Kaljene čelika	8.50
30.	Ing. *Zlatko Rakar:* Bakar	9.—
31.	Ing. *Milivoje Stevanović:* Ukočeno drvo	9.50
32.	*Velimir Ljubić:* Štancne	8.50
33.	*Zvonimir Kulundžić:* Papir	12.—
34.	Arh. *Đorđe Janković:* Tesarski radovi	7.—
35.	*Stevan Buranj:* Gasni motori	6.—
36.	*Dragutin T. Jovanović:* Iznalaženje zupčanika za sečenje zavoj na strugu	9.—
37.	Ing. *Mirko I. Marković:* Šećer i šećerna repa	10.—
38.	Ing. *Vojin Matković:* Tehničko akiciranje i crtanje u građevinarstvu	11.—
39.	Ing. arh. *Dujam Granić:* Temelji zgrada	6.—
40.	Ing. *Stanislav Milošević:* Bojenje tekstilnog materijala .	9.—
41.	Ing. *Svetozar Matijašević:* Podovi	8.—
42.	*Vladimir Liozin:* Kemisko bojenje kovina	6.—
43.	*Stevan Buranj:* Rukovanje gasnim motorima	7.—
44.	*Velimir Ljubić:* Duboka izvlačenja i ostali radovi na presi	7.—
45.	Ing. *Vladeta Rapajić:* Geometrija	6.—
46.	Ing. *Borivoje Milošević:* Raznobojne kovine	10.—

CIJENA 9.— DIN. [redacted]

Uredništvo i administracija Beograd, Skadarska 33.

Telefon administracije 26-871 — Uredništva 26-858.